

## TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

PCT

## NOTIFICATION D'ELECTION

(règle 61.2 du PCT)

Expéditeur: le BUREAU INTERNATIONAL

Destinataire:

Commissioner  
 US Department of Commerce  
 United States Patent and Trademark  
 Office, PCT  
 2011 South Clark Place Room  
 CP2/5C24  
 Arlington, VA 22202  
 ETATS-UNIS D'AMERIQUE  
 en sa qualité d'office élu

<b>Date d'expédition (jour/mois/année)</b> 09 mars 2001 (09.03.01)	<b>Référence du dossier du déposant ou du mandataire</b> B 13340.3 DB
<b>Demande internationale no</b> PCT/FR00/01804	<b>Date de priorité (jour/mois/année)</b> 01 juillet 1999 (01.07.99)
<b>Date du dépôt international (jour/mois/année)</b> 28 juin 2000 (28.06.00)	
<b>Déposant</b> MULLER, Jean-Denis etc	

1. L'office désigné est avisé de son élection qui a été faite:



dans la demande d'examen préliminaire international présentée à l'administration chargée de l'examen préliminaire international le:

19 janvier 2001 (19.01.01)



dans une déclaration visant une élection ultérieure déposée auprès du Bureau international le:

2. L'élection



a été faite



n'a pas été faite

avant l'expiration d'un délai de 19 mois à compter de la date de priorité ou, lorsque la règle 32 s'applique, dans le délai visé à la règle 32.2b).

Bureau international de l'OMPI  
 34, chemin des Colombettes  
 1211 Genève 20, Suisse

no de télécopieur: (41-22) 740.14.35

Fonctionnaire autorisé

Kiwa Mpay

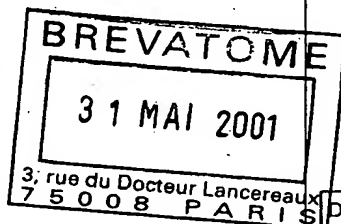
no de téléphone: (41-22) 338.83.38

# TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

Expéditeur: L'ADMINISTRATION CHARGÉE DE  
L'EXAMEN PRELIMINAIRE INTERNATIONAL

Destinataire:

LEHU, Jean  
BREVATOME  
3, rue du Docteur Lancereaux  
F-75008 Paris  
FRANCE



## PCT

NOTIFICATION DE TRANSMISSION DU  
RAPPORT D'EXAMEN PRELIMINAIRE  
INTERNATIONAL  
(règle 71.1 du PCT)

Référence du dossier du déposant ou du mandataire  
B 13340.3 DB

**NOTIFICATION IMPORTANTE**

Demande internationale No.  
PCT/FR00/01804

Date du dépôt international (jour/mois/année)  
28/06/2000

Date de priorité (jour/mois/année)  
01/07/1999

Déposant  
COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE et al.

1. Il est notifié au déposant que l'administration chargée de l'examen préliminaire international a établi le rapport d'examen préliminaire international pour la demande internationale et le lui transmet ci-joint, accompagné, le cas échéant, de ces annexes.
2. Une copie du présent rapport et, le cas échéant, de ses annexes est transmise au Bureau international pour communication à tous les offices élus.
3. Si tel ou tel office élu l'exige, le Bureau international établira une traduction en langue anglaise du rapport (à l'exclusion des annexes de celui-ci) et la transmettra aux offices intéressés.

#### 4. RAPPEL

Pour aborder la phase nationale auprès de chaque office élu, le déposant doit accomplir certains actes (dépôt de traduction et paiement des taxes nationales) dans le délai de 30 mois à compter de la date de priorité (ou plus tard pour ce qui concerne certains offices) (article 39.1) (voir aussi le rappel envoyé par le Bureau international dans le formulaire PCT/IB/301).

Lorsqu'une traduction de la demande internationale doit être remise à un office élu, elle doit comporter la traduction de toute annexe du rapport d'examen préliminaire international. Il appartient au déposant d'établir la traduction en question et de la remettre directement à chaque office élu intéressé.

Pour plus de précisions en ce qui concerne les délais applicables et les exigences des offices élus, voir le Volume II du Guide du déposant du PCT.

Nom et adresse postale de l'administration chargée de l'examen  
préliminaire international

Office européen des brevets  
D-80298 Munich  
Tél. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d  
Fax: +49 89 2399 - 4465

Fonctionnaire autorisé

Benigar, M

Tél. +49 89 2399-2996





# TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

## PCT

### RAPPORT D'EXAMEN PRELIMINAIRE INTERNATIONAL

(article 36 et règle 70 du PCT)

Référence du dossier du déposant ou du mandataire B 13340.3 DB	<b>POUR SUITE A DONNER</b> voir la notification de transmission du rapport d'examen préliminaire international (formulaire PCT/IPEA/416)	
Demande internationale n° PCT/FR00/01804	Date du dépôt international (jour/mois/année) 28/06/2000	Date de priorité (jour/mois/année) 01/07/1999
Classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois classification nationale et CIB G06N5/04		
Déposant COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE et al.		
<p>1. Le présent rapport d'examen préliminaire international, établi par l'administration chargée de l'examen préliminaire international, est transmis au déposant conformément à l'article 36.</p> <p>2. Ce RAPPORT comprend 5 feuilles, y compris la présente feuille de couverture.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Il est accompagné d'ANNEXES, c'est-à-dire de feuilles de la description, des revendications ou des dessins qui ont été modifiées et qui servent de base au présent rapport ou de feuilles contenant des rectifications faites auprès de l'administration chargée de l'examen préliminaire international (voir la règle 70.16 et l'instruction 607 des Instructions administratives du PCT).</p> <p>Ces annexes comprennent 5 feuilles.</p>		
<p>3. Le présent rapport contient des indications relatives aux points suivants:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>I <input checked="" type="checkbox"/> Base du rapport</li> <li>II <input type="checkbox"/> Priorité</li> <li>III <input type="checkbox"/> Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle</li> <li>IV <input type="checkbox"/> Absence d'unité de l'invention</li> <li>V <input checked="" type="checkbox"/> Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration</li> <li>VI <input type="checkbox"/> Certains documents cités</li> <li>VII <input type="checkbox"/> Irrégularités dans la demande internationale</li> <li>VIII <input type="checkbox"/> Observations relatives à la demande internationale</li> </ul>		
Date de présentation de la demande d'examen préliminaire internationale 19/01/2001	Date d'achèvement du présent rapport 29.05.2001	
Nom et adresse postale de l'administration chargée de l'examen préliminaire international:  Office européen des brevets D-80298 Munich Tél. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Fonctionnaire autorisé Herter, J N° de téléphone +49 89 2399 7478 	

# RAPPORT D'EXAMEN PRÉLIMINAIRE INTERNATIONAL

Demande internationale n° PCT/FR00/01804

## I. Base du rapport

1. En ce qui concerne les **éléments** de la demande internationale (*les feuilles de remplacement qui ont été remises à l'office récepteur en réponse à une invitation faite conformément à l'article 14 sont considérées dans le présent rapport comme "initialement déposées" et ne sont pas jointes en annexe au rapport puisqu'elles ne contiennent pas de modifications (règles 70.16 et 70.17)*):

### Description, pages:

1-8,10-34	version initiale			
9,9bis,35	reçue(s) le	16/05/2001	avec la lettre du	11/05/2001

### Revendications, N°:

1-7	reçue(s) le	16/05/2001	avec la lettre du	11/05/2001
-----	-------------	------------	-------------------	------------

### Dessins, feuilles:

1/12-12/12	version initiale
------------	------------------

2. En ce qui concerne la **langue**, tous les éléments indiqués ci-dessus étaient à la disposition de l'administration ou lui ont été remis dans la langue dans laquelle la demande internationale a été déposée, sauf indication contraire donnée sous ce point.

Ces éléments étaient à la disposition de l'administration ou lui ont été remis dans la langue suivante: , qui est :

- ☐ la langue d'une traduction remise aux fins de la recherche internationale (selon la règle 23.1(b)).
- ☐ la langue de publication de la demande internationale (selon la règle 48.3(b)).
- ☐ la langue de la traduction remise aux fins de l'examen préliminaire internationale (selon la règle 55.2 ou 55.3).

3. En ce qui concerne les **séquences de nucléotides ou d'acide aminés** divulguées dans la demande internationale (le cas échéant), l'examen préliminaire internationale a été effectué sur la base du listage des séquences :

- ☐ contenu dans la demande internationale, sous forme écrite.
- ☐ déposé avec la demande internationale, sous forme déchiffrable par ordinateur.
- ☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme écrite.
- ☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme déchiffrable par ordinateur.
- ☐ La déclaration, selon laquelle le listage des séquences par écrit et fourni ultérieurement ne va pas au-delà de la divulgation faite dans la demande telle que déposée, a été fournie.
- ☐ La déclaration, selon laquelle les informations enregistrées sous déchiffrable par ordinateur sont identiques à celles du listage des séquences Présenté par écrit, a été fournie.

**RAPPORT D'EXAMEN  
PRÉLIMINAIRE INTERNATIONAL**

Demande internationale n° PCT/FR00/01804

**4. Les modifications ont entraîné l'annulation :**

- ☐ de la description, pages :
- ☐ des revendications, n°s :
- ☐ des dessins, feuilles :

**5. ☐ Le présent rapport a été formulé abstraction faite (de certaines) des modifications, qui ont été considérées comme allant au-delà de l'exposé de l'invention tel qu'il a été déposé, comme il est indiqué ci-après (règle 70.2(c)) :**

*(Toute feuille de remplacement comportant des modifications de cette nature doit être indiquée au point 1 et annexée au présent rapport)*

**6. Observations complémentaires, le cas échéant :**

**V. Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration**

**1. Déclaration**

Nouveauté	Oui : Revendications 1-7
	Non : Revendications
Activité inventive	Oui : Revendications 1-7
	Non : Revendications
Possibilité d'application industrielle	Oui : Revendications 1-7
	Non : Revendications

**2. Citations et explications  
voir feuille séparée**

1. Il est fait référence aux documents suivants:

- D1: Chu et al: 'First break refraction event picking using fuzzy logic systems'  
IEEE Transactions on Fuzzy Systems, US, IEEE Inc. New York, vol. 2, no. 4,  
1 novembre 1994, pages 255-266
- D2: EP-A-0 468 229 (HNC Inc) 29 janvier 1992

2. **Concernant le point V: Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration**

La présente demande remplit les conditions énoncées dans l'article 33 CBE, l'objet de la revendication 1 étant nouveau et impliquant une activité inventive, les raisons sont les suivantes:

Quant à la revendication 1:

D1 décrit:

- Système d'intelligence artificielle de classification d'événements, d'objets ou de situations à partir de signaux et de paramètres discriminants issus de modèles, caractérisé en ce qu'il comprend (voir abrégé, lignes 7-10 et page 257, colonne droite, lignes 8-11)
- au moins une branche de traitement comprenant un système expert flou (voir page 258, colonne gauche, fig. 3) prenant une décision à partir de propriétés de haut niveau et de paramètres discriminants de plus bas niveau extraits des signaux par des procédures de type traitement de signal (voir page 258, colonne droite, lignes 17-27 et page 265, colonne gauche, lignes 30-37).

D1 ne décrit pas que le système expert flou est capable d'expliquer sa décision à l'utilisateur par l'intermédiaire des règles triées par ordre d'applicabilité.

D1 décrit seulement que le système expert flou utilise des règles pour simplifier le procès décisionnel (voir page 265, colonne gauche, lignes 43-45).

D2 (voir fig. 1 et colonne 14, lignes 35-44) montre un système réseau neuronal avec capacités expert pour trouver les données d'entrée les plus pertinents. La contribution de chaque variable d'entrée à la décision par une méthode itérative est mesurée.

Pour cette raison, D2 ne décrit pas non plus que le système expert flou est capable d'expliquer sa décision à l'utilisateur par l'intermédiaire des règles triées par ordre d'applicabilité.

Par conséquent, l'objet de la revendication 1 implique une activité inventive et remplit donc les conditions énoncées dans l'article 33(3) CBE.

Le document référencé [11] décrit un procédé de pointage d'arrivée première, qui est un procédé de reconnaissance de forme, en traitement de données sismiques. Ce procédé utilise ici des systèmes de  
5 logique floue. Il prend en compte des attributs sismiques comme caractéristiques.

Le document référencé [12] décrit un procédé de mise en œuvre d'un système expert basé sur un réseau neuronal à action directe, à état continu entraîné. Ce  
10 réseau comprend une couche d'éléments de traitement d'entrée représentatifs des variables d'entrée, une couche d'éléments de traitement de sortie représentatifs des variables de sortie, et une ou plusieurs couches, d'éléments de traitement cachés.

15 L'invention a pour objectif de pallier les inconvénients des systèmes de l'art connu en proposant un nouveau système d'intelligence artificielle pour la classification d'événements, d'objets ou de situations  
20 à partir de signaux et de paramètres discriminants issus de modèles.

#### EXPOSE DE L'INVENTION

La présente invention concerne un système  
25 d'intelligence artificielle pour la classification d'événements, d'objets ou de situations à partir de signaux et de paramètres discriminants issus de modèles, caractérisé en ce qu'il comprend au moins une  
branche de traitement comprenant un système expert flou  
30 (expert SEF) prenant une décision à partir de propriétés de haut niveau et de paramètres discriminants de plus bas niveau extraits des signaux par des procédures de type traitement de signal, et capable d'expliquer sa décision à l'utilisateur par



## 9 bis

l'intermédiaire de règles triées par ordre d'applicabilité.

Dans ce système expert flou on effectue une descente de gradient sur les paramètres :

5

- $x = y/\sigma$
- $s = \ln(2\sigma^2)$
- $r = \ln(\rho)$
- $d$

avec :

10

- $y$  : position des ensembles flous des prémisses
- $\sigma$  : largeur des ensembles flous des prémisses

15

- $\rho$  : poids des règles
- $d$  : degré d'activation de chaque classe pour chaque règle

- 5 [8] S. Muller, P. Garda, J.-D. Muller, Y. Cansi  
"Seismic events discrimination by neuro-fuzzy  
merging of signal and catalogue features" (Physics  
Chemistry of The Earth (A), vol. 24, N° 3,  
pp. 201-206, 1999).
- [9] B. T. W. Cheng, D. B. Goldgof, L. O. Hall, "Fast  
fuzzy clustering" (Fuzzy Sets and Systems 93, 49-  
56, 1998).
- 10 [10] A. Klaassen, X. Driancourt, S. Muller, J.-D.  
Muller, "Classifying regional seismic signals  
using TDNN-alike neural networks" (International  
Conference On Artificial Neural Networks '98,  
Skövde, Suède, 2-4 septembre 1998).
- 15 [11] Chu et al: "First break refraction event picking  
using fuzzy logic systems" (IEEE Transactions on  
Fuzzy Systems, US, IEEE Inc. New York, vol. 2,  
N° 4, 1 novembre 1994, pages 255-266).
- [12] EP-A- 0 468 229.

REVENDICATIONS

1. Système d'intelligence artificielle de classification d'événements, d'objets ou de situations à partir de signaux et de paramètres discriminants issus de modèles, caractérisé en ce qu'il comprend au moins une branche de traitement comprenant un système expert flou (SEF) prenant une décision à partir de propriétés de haut niveau et de paramètres discriminants de plus bas niveau extraits des signaux par des procédures de type traitement de signal, et capable d'expliquer sa décision à l'utilisateur par l'intermédiaire de règles triées par ordre d'applicabilité.

2. Système selon la revendication 1, dans lequel, dans le système expert flou (SEF) on effectue une descente de gradient sur les paramètres :

- $x = y/\sigma$
- $s = \ln(2\sigma^2)$
- $r = \ln(p)$
- $d$

avec :

- $y$  : position des ensembles flous des prémisses
- $\sigma$  : largeur des ensembles flous des prémisses
- $p$  : poids des règles
- $d$  : degré d'activation de chaque classe pour chaque règle

3. Système selon la revendication 1, qui est un système multi-experts constitué d'au moins deux branches de traitement indépendantes, se configurant automatiquement par apprentissage statistique sur des

37

bases de données, ayant des propriétés particulières et fusionnées par un système décisionnel de haut niveau.

4. Système selon la revendication 3, dans lequel une branche comprend un classifieur neuro-flou (CNF) prenant ses décisions à partir de propriétés de haut niveau et de paramètres discriminants de plus bas niveau extraits des signaux par des procédures de type traitement de signal.

10

5. Système selon l'une quelconque des revendications 3 ou 4, dans lequel une branche comprend un réseau neuronal à connexions locales et poids partagés (TDNN) constitués de bancs de filtres adaptatifs non linéaires, extrayant lui-même des informations discriminantes de représentation temps-fréquence des signaux correspondants.

6. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, qui est un système de classification d'événements géophysiques.

7. Système selon la revendication 6, dans lequel les propriétés de haut niveau sont la localisation, la magnitude, l'heure et la date.

**English translation of the amended sheets of International Preliminary  
Examination Report**

The analysis of the signals is carried out using a global system illustrated in Figure 3.

Document reference [11] describes a method of first arrival recording, which is a method of shape  
5 recognition, by seismic data processing. This method uses fuzzy logic systems here. It takes into account seismic features as characteristics.

Document reference [12] describes a method for implementing an expert system based on a direct action  
10 neural network, with driven continuous state. This network comprises a layer of input processing elements representative of the input variables, a layer of output processing elements representative of output variables, and one or several layers of hidden  
15 processing elements.

The aim of the invention is to compensate for the inconveniences of prior art systems by proposing a new system of artificial intelligence for classifying events, objects or situations from signals and  
20 discriminant parameters produced by models.

Description of the invention

The present invention relates to a system of artificial intelligence for the classification of  
25 events, objects or situations from signals and discriminant parameters produced by models, characterised in that it comprises at least one processing branch comprising a fuzzy expert system (FES expert) taking a decision according to high level  
30 properties and lower level discriminant parameters extracted from signals by signal processing type

**English translation of the amended sheets of International Preliminary  
Examination Report**

procedures, and capable of explaining its decision to the user through the intermediary of rules selected by order of applicability.

In this fuzzy expert system a gradient decrease is  
5 carried out on the parameters:

- $x = y/\sigma$
- $s = \ln/2\sigma^2$
- $r = \ln (\rho)$
- $d$

10 with:

- $y$ : position of fuzzy sets of premises
- $\sigma$ : width of fuzzy sets of premises
- $\rho$ : weight of rules
- $d$ : degree of activation of each class for each

15 rule.

**English translation of the amended sheets of International Preliminary  
Examination Report**

western Europe" (Tectonophysics, N° 179, pp. 27-53, 1990)

[8] S.Muller, P. Garda, J-D Muller, Y. Cansi  
"Seismic events discrimination by neuro-fuzzy merging  
5 of signal and catalogue features" (Physics Chemistry of  
The Earth (A), vol. 24, N°3, pp.201-206, 1999).

[9] B. T. W. Cheng, D. B. Goldof, L.O. Hall, „Fast  
fuzzy clustering" (Fuzzy Sets and Systems 93, 49-56-,  
1998).

10 [10] A.Klaassen, X. Driancourt, S. Muller, J.-D.  
Muller, "Classifying regional seismic singals using  
TDNN-alike neural networks" (International Conference  
On Artificial Neural Networks '98), Skövde, Sweden, 2-4  
September 1998).

15 [11] Chu et al: "First break refraction event  
picking using fuzzy logic systems" (IEEE Transactions  
on Fuzzy Systems, US, IEEE Inc. New York, vol. 2, No.  
4, 1 November 1994, pages 255-266).

[12] EP-A-0 468 229.

English translation of the amended sheets of International Preliminary  
Examination Report

CLAIMS

1. System of artificial intelligence for classification of events, objects or situations from signals and from discriminant parameters produced by models, characterised in that it comprises at least one  
5 processing branch comprising a fuzzy expert system (FES) taking a decision according to high level properties and discriminant parameters of lower level extracted from signals by signal processing type procedures, and capable of explaining its decision to  
10 the user through the intermediary of rules selected by order of applicability.

2. System according to claim 1 in which, in the fuzzy expert system (FES), a gradient decrease is  
15 carried out on the parameters:

- $x = y/\sigma$
- $s = \ln/2\sigma^2$
- $r = \ln(\rho)$
- $d$

20 with:

- $y$ : position of fuzzy sets of premises
- $\sigma$ : width of fuzzy sets of premises
- $\rho$ : weights of rules
- $d$ : degree of activation of each class for  
25 each rule.

3. System according to claim 1, which is a multi-expert system constituted of at least two independent



**English translation of the amended sheets of International Preliminary  
Examination Report**

processing branches, organising themselves  
30 automatically through statistical learning on data  
bases, having particular properties and merged by a  
high level decisional system.

4. System according to claim 3, in which one  
35 branch corresponds to a neuro-fuzzy classifier (NFC)  
taking its decisions based on high level properties and  
lower level discriminant parameters extracted from  
signals by signal processing type procedures.

40 5. System according to one or the other of claims  
3 or 4, in which one branch comprises a neural network  
with local connections and shared weights (TDNN)  
constituted of banks of non-linear adaptable filters,  
itself extracting discriminant information for time-  
45 frequency representation of the corresponding signals.

6. System according to any one of the preceding  
claims, which is a system for classification of  
geophysical events.

50

7. System according to claim 6, in which the high  
level properties are the localisation, the magnitude,  
the time and the date.

55

## TRAITE DE OPERATION EN MATIERE BREVETS

PCT

NOTIFICATION RELATIVE  
A LA PRESENTATION OU A LA TRANSMISSION  
DU DOCUMENT DE PRIORITE

(instruction administrative 411 du PCT)

Expéditeur : le BUREAU INTERNATIONAL


Destinataire:

LEHU, Jean  
Brevatome  
3, rue Du Docteur Lancereaux  
F-75008 Paris  
FRANCE

Date d'expédition (jour/mois/année) 30 août 2000 (30.08.00)	<b>NOTIFICATION IMPORTANTE</b>
Référence du dossier du déposant ou du mandataire B 13340.3 DB	
Demande internationale no PCT/FR00/01804	Date du dépôt international (jour/mois/année) 28 juin 2000 (28.06.00)
Date de publication internationale (jour/mois/année) Pas encore publiée	Date de priorité (jour/mois/année) 01 juillet 1999 (01.07.99)
Déposant COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE etc	

- La date de réception (sauf lorsque les lettres "NR" figurent dans la colonne de droite) par le Bureau international du ou des documents de priorité correspondant à la ou aux demandes énumérées ci-après est notifiée au déposant. Sauf indication contraire consistant en un astérisque figurant à côté d'une date de réception, ou les lettres "NR", dans la colonne de droite, le document de priorité en question a été présenté ou transmis au Bureau international d'une manière conforme à la règle 17.1.a) ou b).
- Ce formulaire met à jour et remplace toute notification relative à la présentation ou à la transmission du document de priorité qui a été envoyée précédemment.
- Un astérisque(\*) figurant à côté d'une date de réception dans la colonne de droite signale un document de priorité présenté ou transmis au Bureau international mais de manière non conforme à la règle 17.1.a) ou b). Dans ce cas, l'attention du déposant est appelée sur la règle 17.1.c) qui stipule qu'aucun office désigné ne peut décider de ne pas tenir compte de la revendication de priorité avant d'avoir donné au déposant la possibilité de remettre le document de priorité dans un délai raisonnable en l'espèce.
- Les lettres "NR" figurant dans la colonne de droite signalent un document de priorité que le Bureau international n'a pas reçu ou que le déposant n'a pas demandé à l'office récepteur de préparer et de transmettre au Bureau international, conformément à la règle 17.1.a) ou b), respectivement. Dans ce cas, l'attention du déposant est appelée sur la règle 17.1.c) qui stipule qu'aucun office désigné ne peut décider de ne pas tenir compte de la revendication de priorité avant d'avoir donné au déposant la possibilité de remettre le document de priorité dans un délai raisonnable en l'espèce.

<u>Date de priorité</u>	<u>Demande de priorité n°</u>	<u>Pays, office régional ou office récepteur selon le PCT</u>	<u>Date de réception du document de priorité</u>
01 juil 1999 (01.07.99)	99 08472	FR	02 août 2000 (02.08.00)

Bureau international de l'OMPI 34, chemin des Colombettes 1211 Genève 20, Suisse no de télécopieur (41-22) 740.14.35	Fonctionnaire autorisé  Simin Baharlou no de téléphone (41-22) 338.83.38
---	--

PCT

**AVIS INFORMANT LE DEPOSANT DE LA  
COMMUNICATION DE LA DEMANDE  
INTERNATIONALE AUX OFFICES DESIGNES**

(règle 47.1.c), première phrase, du PCT)

Expéditeur: le BUREAU INTERNATIONAL

Destinataire:

LEHU, Jean  
Brevatome  
3, rue du Docteur Lancereaux  
F-75008 Paris  
FRANCE

**BREVATOME**

**19 JAN. 2001**

3, rue du Docteur Lancereaux  
75008 PARIS

Date d'expédition (jour/mois/année) 11 janvier 2001 (11.01.01)		<b>AVIS IMPORTANT</b>	
Référence du dossier du déposant ou du mandataire B 13340.3 DB			
Demande internationale no PCT/FR00/01804	Date du dépôt international (jour/mois/année) 28 juin 2000 (28.06.00)	Date de priorité (jour/mois/année) 01 juillet 1999 (01.07.99)	
Déposant COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE etc			

1. Il est notifié par la présente qu'à la date indiquée ci-dessus comme date d'expédition de cet avis, le Bureau international a communiqué, comme le prévoit l'article 20, la demande internationale aux offices désignés suivants:

US

Conformément à la règle 47.1.c), troisième phrase, ces offices acceptent le présent avis comme preuve déterminante du fait que la communication de la demande internationale a bien eu lieu à la date d'expédition indiquée plus haut, et le déposant n'est pas tenu de remettre de copie de la demande internationale à l'office ou aux offices désignés.

2. Les offices désignés suivants ont renoncé à l'exigence selon laquelle cette communication doit être effectuée à cette date:

CA,EP,JP

La communication sera effectuée seulement sur demande de ces offices. De plus, le déposant n'est pas tenu de remettre de copie de la demande internationale aux offices en question (règle 49.1)a-bis)).

3. Le présent avis est accompagné d'une copie de la demande internationale publiée par le Bureau international le 11 janvier 2001 (11.01.01) sous le numéro WO 01/03064

**RAPPEL CONCERNANT LE CHAPITRE II (article 31.2)a) et règle 54.2)**

Si le déposant souhaite reporter l'ouverture de la phase nationale jusqu'à 30 mois (ou plus pour ce qui concerne certains offices) à compter de la date de priorité, la demande d'examen préliminaire international doit être présentée à l'administration compétente chargée de l'examen préliminaire international avant l'expiration d'un délai de 19 mois à compter de la date de priorité.

Il appartient exclusivement au déposant de veiller au respect du délai de 19 mois.

Il est à noter que seul un déposant qui est ressortissant d'un Etat contractant du PCT lié par le chapitre II ou qui y a son domicile peut présenter une demande d'examen préliminaire international.

**RAPPEL CONCERNANT L'OUVERTURE DE LA PHASE NATIONALE (article 22 ou 39.1))**

Si le déposant souhaite que la demande internationale procède en phase nationale, il doit, dans le délai de 20 mois ou de 30 mois, ou plus pour ce qui concerne certains offices, accomplir les actes mentionnés dans ces dispositions auprès de chaque office désigné ou élu.

Pour d'autres informations importantes concernant les délais et les actes à accomplir pour l'ouverture de la phase nationale, voir l'annexe du formulaire PCT/IB/301 (Notification de la réception de l'exemplaire original) et le volume II du Guide du déposant du PCT.

Bureau international de l'OMPI 34, chemin des Colombettes 1211 Genève 20, Suisse	Fonctionnaire autorisé  J. Zahra
no de télécopieur (41-22) 740.14.35	no de téléphone (41-22) 338.83.38

La demande d'examen préliminaire international doit être présentée directement à l'administration chargée de l'examen préliminaire international qui est compétente ou, si plusieurs administrations sont compétentes, à l'une d'entre elles, au choix du déposant. Le déposant peut indiquer le nom complet ou le code à deux lettres de cette administration au dessus de la ligne qui suit :

IPEA/

PCT

CHAPITRE II

## DEMANDE D'EXAMEN PRÉLIMINAIRE INTERNATIONAL

selon l'article 31 du Traité de coopération en matière de brevets :  
Le soussigné requiert que la demande internationale spécifiée ci-après fasse l'objet  
d'un examen préliminaire international conformément au Traité de coopération en matière de brevets et  
fait élection de tous les États éligibles sauf indication contraire.

Réservé à l'administration chargée de l'examen préliminaire international

Administration chargée de l'examen préliminaire international		Date de réception de la demande d'examen préliminaire international	
<b>Cadre n° I IDENTIFICATION DE LA DEMANDE INTERNATIONALE</b>		Référence du dossier du déposant ou du mandataire B 13340.3 DB	
Demande internationale n° PCT/FR00/01804	Date du dépôt international (jour/mois/année) 28 juin 2000 (28.06.2000)	Date de priorité (la plus ancienne) (jour/mois/année) 01 juillet 1999 (01.07.1999)	
Titre de l'invention SYSTEME D'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE POUR LA CLASSIFICATION D'EVENEMENTS, D'OBJETS OU DE SITUATIONS.			
<b>Cadre n° II DÉPOSANT(S)</b>			
Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays.)  COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE 31-33, rue de la Fédération 75752 PARIS 15ème FRANCE		n° de téléphone 01 69 08 82 96	
		n° de télécopieur 01 69 08 82 92	
		n° de téléimprimeur	
Nationalité (nom de l'État) : FR		Domicile (nom de l'État) : FR	
Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays.) MULLER Jean-Denis 5 allée de la Garenne 78120 CLAIREFONTAINE-EN-YVELYNES FRANCE			
Nationalité (nom de l'État) : FR		Domicile (nom de l'État) : FR	
Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays.) MULLER CARCELES Stéphanie 5 allée de la Garenne 78120 CLAIREFONTAINE-EN-YVELYNES FRANCE			
Nationalité (nom de l'État) : FR		Domicile (nom de l'État) : FR	
<input type="checkbox"/> D'autres déposants sont indiqués sur une feuille annexe.			

**Cadre n° III MANDATAIRE OU REPRÉSENTANT COMMUN; OU ADRESSE POUR LA CORRESPONDANCE**

La personne indiquée ci-dessous est ☒ mandataire ☐ représentant commun

et ☒ a été désignée à une date antérieure; elle représente aussi le ou les déposants pour l'examen préliminaire international.

☐ est désignée par la présente; toute désignation antérieure de mandataires ou d'un représentant commun est de ce fait révoquée.

☐ est désignée par la présente, spécialement pour la procédure devant l'administration chargée de l'examen préliminaire international, en sus du ou des mandataires ou du représentant commun désignés antérieurement.

Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays.)

LEHU Jean

c/o BREVATOME  
3, rue du Docteur Lancereaux  
75008 PARIS  
FRANCE

n° de téléphone

01 53 83 94 00

n° de télécopieur

01 45 63 83 33

n° de téléimprimeur

☐ Adresse pour la correspondance : cocher cette case lorsque aucun mandataire ni représentant commun n'est ou n'a été désigné et que l'espace ci-dessus est utilisé pour indiquer une adresse spéciale à laquelle la correspondance doit être envoyée.

**Cadre n° IV BASE DE L'EXAMEN PRÉLIMINAIRE INTERNATIONAL****Déclaration concernant les modifications : \***

1. Le déposant souhaite que l'examen préliminaire international commence sur la base suivante :

☐ la demande internationale telle qu'elle a été déposée initialement

la description

☐

telle qu'elle a été déposée initialement

☐

telle qu'elle a été modifiée en vertu de l'article 34

les revendications

☐

telles qu'elles ont été déposées initialement

☐

telles qu'elles ont été modifiées en vertu de l'article 19 (avec, le cas échéant, la déclaration jointe aux modifications)

☐

telles qu'elles ont été modifiées en vertu de l'article 34

les dessins

☐

tels qu'ils ont été déposés initialement

☐

tels qu'ils ont été modifiés en vertu de l'article 34

2. ☐ Le déposant souhaite que les modifications apportées aux revendications en vertu de l'article 19 soient considérées comme écartées.

3. ☐ Le déposant souhaite que le commencement de l'examen préliminaire international soit différé jusqu'à l'expiration d'un délai de 20 mois à compter de la date de priorité, à moins que l'administration chargée de l'examen préliminaire international ne reçoive une copie des modifications effectuées en vertu de l'article 19 ou une déclaration du déposant, aux termes de laquelle celui-ci ne souhaite pas effectuer de modifications en vertu de l'article 19 (règle 69.1.d)). (Ne pas cocher cette case lorsque le délai visé à l'article 19 a expiré.)

\* Lorsque aucune case n'est cochée, l'examen préliminaire international commencera sur la base de la demande internationale telle qu'elle a été déposée initialement ou, si l'administration chargée de l'examen préliminaire international reçoit copie des modifications apportées aux revendications en vertu de l'article 19 ou des modifications apportées à la demande internationale en vertu de l'article 34 avant d'avoir commencé à rédiger une opinion écrite ou le rapport d'examen préliminaire international, sur la base de la demande internationale ainsi modifiée.

Langue : l'examen préliminaire international sera effectué en Français, qui est

☒ la langue dans laquelle la demande internationale a été déposée.

☐ la langue d'une traduction remise aux fins de la recherche internationale.

☐ la langue de publication de la demande internationale.

☐ la langue de la traduction (qui va être) remise aux fins de l'examen préliminaire international.

**Cadre n° V ÉLECTION D'ÉTATS**

Le déposant élit tous les États éligibles (c'est-à-dire tous les États qui ont été désignés et qui sont liés par le chapitre II du PCT) à l'exclusion des États ci-après que le déposant souhaite ne pas élire :

## Cadre n° VI BORDEREAU

Aux fins de l'examen préliminaire international, les éléments suivants, établis dans la langue indiquée au cadre n° IV, sont joints à la présente demande d'examen :

- |  |   |          |
|--|---|----------|
| 1. traduction de la demande internationale   | : | feuilles |
| 2. modifications selon l'article 34  | : | feuilles |
| 3. copie (ou, si elle est exigée, traduction) des modifications selon l'article 19 | : | feuilles |
| 4. copie (ou, si elle est exigée, traduction) de la déclaration selon l'article 19 | : | feuilles |
| 5. lettre  | : | feuilles |
| 6. autres pièces (préciser)  | : | feuilles |

Réservé à l'administration chargée de l'examen préliminaire international

reçu non reçu

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Le ou les éléments cochés ci-après sont aussi joints à la demande d'examen préliminaire international :

- |   |  |
|---|--|
| 1. <input checked="" type="checkbox"/> feuille de calcul des taxes                          | 4. <input type="checkbox"/> explication de l'absence d'une signature   |
| 2. <input type="checkbox"/> pouvoir distinct signé  | 5. <input type="checkbox"/> listage des séquences de nucléotides ou d'acides aminés sous forme déchiffrable par ordinateur |
| 3. <input type="checkbox"/> copie du pouvoir général; numéro de référence, le cas échéant : | 6. <input type="checkbox"/> autres éléments (préciser) :   |

## Cadre n° VII SIGNATURE DU DÉPOSANT, DU MANDATAIRE OU DU REPRÉSENTANT COMMUN

À côté de chaque signature, indiquer le nom du signataire et, si cela n'apparaît pas clairement à la lecture de la demande d'examen préliminaire international, à quel titre l'intéressé signe.

LEHU Jean



Réservé à l'administration chargée de l'examen préliminaire international

1. Date effective de réception de la DEMANDE D'EXAMEN PRÉLIMINAIRE INTERNATIONAL :
2. Date modifiée de réception de la demande d'examen préliminaire international, en cas de CORRECTIONS apportées en vertu de la règle 60.1.b) :
3. ☐ La demande d'examen préliminaire international a été reçue PLUS DE 19 mois après la date de priorité et les points 4 et 5 ne sont pas applicables. ☐ Le déposant a été informé en conséquence.
4. ☐ La demande d'examen préliminaire international a été reçue dans le délai de 19 mois à compter de la date de priorité, prorogé en vertu de la règle 80.5.
5. ☐ Bien que la demande d'examen préliminaire international ait été reçue plus de 19 mois après la date de priorité, le retard à l'arrivée est EXCUSE en vertu de la règle 82.

Réservé au Bureau international

Demande d'examen préliminaire international reçue de l'administration chargée de l'examen préliminaire international le :

## PCT

## FEUILLE DE CALCUL DES TAXES

## Annexe de la demande d'examen préliminaire international

Demande internationale n° <b>PCT/FR00/01804</b>	Réservé à l'administration chargée de l'examen préliminaire international
Référence du dossier du déposant ou du mandataire <b>B 13340.3 DB</b>	Timbre à date de l'administration chargée de l'examen préliminaire international
Déposant <b>COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE - MULLER Jean-Denis -          MULLER CARCELES Stéphanie</b>	
<b>Calcul des taxes prescrites</b>	
1. Taxe d'examen préliminaire .....	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">1 533 Euros</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; margin-left: 10px;">P</div>
2. Taxe de traitement <i>(Les déposants de certains États ont droit à une réduction de 75% de la taxe de traitement. Lorsque le déposant a (ou tous les déposants ont) droit à cette réduction, le montant devant figurer sous H est égal à 25% de la taxe de traitement.)</i> .....	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">148 Euros</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; margin-left: 10px;">H</div>
3. Total des taxes prescrites Additionner les montants portés dans les cadres P et H et inscrire le résultat dans le cadre TOTAL .....	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">1 681 Euros</div>
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">TOTAL</div>	
<b>Mode de paiement</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> autorisation de débiter un compte de dépôt auprès de l'administration chargée de l'examen préliminaire international (voir plus bas)	<input type="checkbox"/> espèces
<input type="checkbox"/> chèque	<input type="checkbox"/> timbres fiscaux
<input type="checkbox"/> mandat postal	<input type="checkbox"/> coupons
<input type="checkbox"/> traite bancaire	<input type="checkbox"/> autre (préciser):
<b>Autorisation concernant un compte de dépôt</b> <i>(les administrations chargées de l'examen préliminaire international ne permettent pas toutes l'utilisation de ce mode de paiement)</i> L'administration chargée de l'examen préliminaire international/ .....	
<input checked="" type="checkbox"/> est autorisée à débiter mon compte de dépôt du total des taxes indiqué ci-dessus.	
<input type="checkbox"/> <i>(cette case ne peut être cochée que si les conditions relatives aux comptes de dépôt établies par l'administration chargée de l'examen préliminaire international le permettent)</i> est autorisée à débiter mon compte de dépôt de tout montant manquant – ou à le créditer de tout excédent – dans le paiement du total des taxes indiqué ci-dessus.	
2804.0035	17 janvier 2001
Numéro du compte de dépôt	Date (jour/mois/année)
Signature <b>AUDIER Philippe</b>	

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
11 janvier 2001 (11.01.2001)

PCT

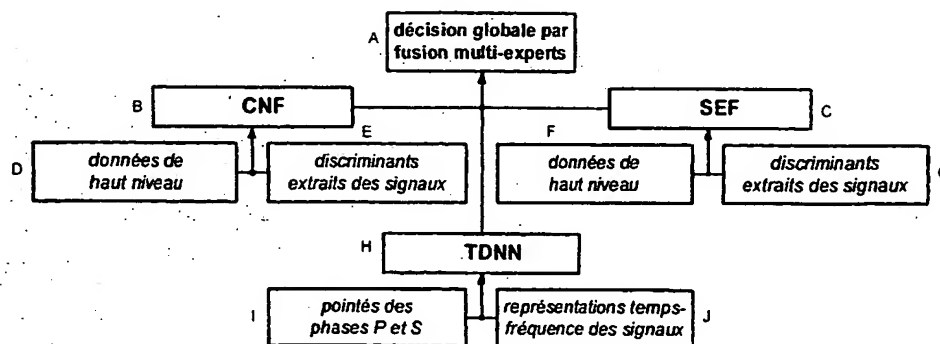
(10) Numéro de publication internationale  
WO 01/03064 A1

- (51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup>: G06N 5/04 (72) Inventeurs; et  
(75) Inventeurs/Déposants (*pour US seulement*): MULLER, Jean-Denis [FR/FR]; 5, allée de la Garenne, F-78120 Clairefontaine-en-Yvelines (FR). MULLER CARCELES, Stéphanie [FR/FR]; 5, allée de la Garenne, F-78120 Clairefontaine-en-Yvelines (FR).
- (21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR00/01804
- (22) Date de dépôt international: 28 juin 2000 (28.06.2000)
- (25) Langue de dépôt: français (74) Mandataire: LEHU, Jean; Brevatome, 3, rue du Docteur Lancereaux, F-75008 Paris (FR).
- (26) Langue de publication: français (81) États désignés (*national*): CA, JP, US.
- (30) Données relatives à la priorité: 9908472 1 juillet 1999 (01.07.1999) FR (84) États désignés (*régional*): brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
- (71) Déposant (*pour tous les États désignés sauf US*): COM-MISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE [FR/FR]; 31-33, rue de la Fédération, F-75752 Paris 15ème (FR). Publiée: — Avec rapport de recherche internationale.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEMS FOR CLASSIFYING EVENTS, OBJECTS AND SITUATIONS

(54) Titre: SYSTEME D'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE POUR LA CLASSIFICATION D'EVENEMENTS, D'OBJETS OU DE SITUATIONS



A...GLOBAL DECISION BY MULTI-EXPERT MERGING

B...NEURO-FUZZY CLASSIFIER

C...FUZZY EXPERT SYSTEM

D...HIGH-LEVEL DATA

E...DISCRIMINANTS RETRIEVED FROM SIGNALS

F...HIGH-LEVEL DATA

G...DISCRIMINANTS RETRIEVED FROM SIGNALS

H...NEURAL NETWORK WITH LOCAL CONNECTIONS

I...PLOTING OF PHASES P AND S

J...TIME-FREQUENCY REPRESENTATIONS OF SIGNALS

WO 01/03064 A1

(57) Abstract: The invention concerns an artificial intelligence system for classifying events, objects and situations from signals and discriminating parameters derived from models comprising at least a processing branch including a fuzzy expert system taking a decision on the basis of high level properties and low level discriminating parameters retrieved from the signals by signal processing procedures, and capable of explaining its decision to the user using rules sorted out in order of applicability.

(57) Abrégé: La présente invention concerne un système d'intelligence artificielle pour la classification d'événements, d'objets ou de situations à partir de signaux et de paramètres discriminants issus de modèles comprenant au moins une branche de traitement comprenant un système expert flou prenant une décision à partir de propriétés de haut niveau et de paramètres discriminants de plus bas niveau extraits des signaux par des procédures de type traitement de signal, et capable d'expliquer sa décision à l'utilisateur par l'intermédiaire de règles triées par ordre d'applicabilité.





En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

30. 01. 2001

Le présent document est une traduction de la version originale en français. La version originale est la seule à avoir valeur juridique.

Le présent document est une traduction de la version originale en français. La version originale est la seule à avoir valeur juridique.

Le présent document est une traduction de la version originale en français. La version originale est la seule à avoir valeur juridique.

Le présent document est une traduction de la version originale en français. La version originale est la seule à avoir valeur juridique.

Le présent document est une traduction de la version originale en français. La version originale est la seule à avoir valeur juridique.

Le présent document est une traduction de la version originale en français. La version originale est la seule à avoir valeur juridique.

Le présent document est une traduction de la version originale en français. La version originale est la seule à avoir valeur juridique.

Le présent document est une traduction de la version originale en français. La version originale est la seule à avoir valeur juridique.

Le présent document est une traduction de la version originale en français. La version originale est la seule à avoir valeur juridique.

Le présent document est une traduction de la version originale en français. La version originale est la seule à avoir valeur juridique.

Le présent document est une traduction de la version originale en français. La version originale est la seule à avoir valeur juridique.

Le présent document est une traduction de la version originale en français. La version originale est la seule à avoir valeur juridique.

Le présent document est une traduction de la version originale en français. La version originale est la seule à avoir valeur juridique.

Le présent document est une traduction de la version originale en français. La version originale est la seule à avoir valeur juridique.

Le présent document est une traduction de la version originale en français. La version originale est la seule à avoir valeur juridique.

SYSTEME D'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE POUR LA  
CLASSIFICATION D'EVENEMENTS, D'OBJETS OU DE SITUATIONS

5

DESCRIPTION

DOMAINE TECHNIQUE

La présente invention concerne un système  
10 d'intelligence artificielle pour la classification  
d'événements, d'objets ou de situations à partir de  
signaux et de paramètres discriminants issus de  
modèles.

L'invention s'applique notamment à la  
15 classification d'événements sismiques. Une telle  
classification sera considérée à titre d'exemple non  
limitatif dans la suite de la description.

ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE

20 La classification automatique d'événements sismiques

La classification automatique d'événements  
sismiques est un problème relativement récent, puisque  
le problème n'a véritablement été abordé que dans les  
années 1980. Ces travaux sont majoritairement orientés  
25 vers la recherche de paramètres discriminants (c'est-à-  
dire susceptibles de permettre la classification) dans  
les signaux sismiques. De nombreuses caractéristiques  
potentielles sont proposées en vue d'une future  
classification automatique. A partir de 1990, on  
30 commence à trouver dans les articles publiés des  
tentatives de classification automatique, que ce soit  
par des techniques neuronales ou par des systèmes à  
base de règles. Ces travaux cherchent à séparer les  
séismes d'origine naturelle des explosions. Aucun de

ces articles ne traite de la discrimination d'effondrements miniers (" coups de terrain ").

Du fait de la complexité du problème, ces articles mettent clairement en évidence la nécessité de  
5 mettre au point des systèmes automatiques capables d'apprentissage. Les méthodes neuronales ont donc souvent été proposées pour réaliser la discrimination automatique d'événements sismiques, mais avec des  
10 limitations qui sont analysées plus loin. Les modèles les plus couramment proposés sont les perceptrons multi-couches à connexions complètes entre couches successives.

Tous ces articles cherchent à déterminer l'origine du séisme à partir de caractéristiques  
15 extraites uniquement des signaux. Les données de plus haut niveau (date, heure, latitude, longitude, magnitude...) ne sont jamais employées pour la classification. Or, les sismologues connaissent la difficulté de discriminer les signaux sismiques  
20 uniquement par des traitements de bas niveau.

Les travaux de Baumgardt et de ses collaborateurs décrits dans le document référencé [1] sont sans doute ceux qui ont permis les plus grandes avancées dans la recherche de paramètres  
25 discriminants.

Les variations du cepstre, le cepstre d'un signal  $x$  étant la transformée de Fourier inverse du logarithme de la transformée de Fourier de  $x$ , sont souvent utilisées. On peut ainsi montrer que le cepstre  
30 permet de visualiser le phénomène de micro-retards présents dans les signaux de tirs caractérisés par une plus large variance. Le document référencé [2] note aussi cette propriété en signalant néanmoins que l'absence de cette caractéristique ne permet aucune  
35 déduction quant à la classe de l'événement.

Les rapports des amplitudes des différents types d'ondes peuvent aussi servir de discriminants. Le document référencé [3] étudie toute une série de rapports d'amplitudes ( $P_n/L_g$ ,  $P_g/L_g$ ,  $L_g/R_g$ ). Ces rapports  
5 sont annoncés comme pouvant permettre une bonne discrimination.

Les mêmes auteurs introduisent aussi les rapports des densités spectrales de puissance des différents types d'ondes détectés. Comme pour les  
10 rapports d'amplitudes, ces discriminants sont utilisés par toutes les études qui recherchent des discriminants dans les signaux sismiques. Pour caractériser les explosions, on a également utilisé les rapports des densités spectrales de puissance d'un type d'onde, ici  
15 S, sur des bandes de fréquences différentes, c'est-à-dire le rapport de la densité spectrale de puissance de S dans la gamme 1-2 Hz à la densité spectrale de puissance de cette même phase dans la bande 7-20 Hz. Le rapport entre des densités spectrales de puissance de  
20 l'onde S avant et après 10 Hz est également présenté comme un bon séparateur des explosions des séismes.

Le document référencé [4] remarque que le temps de propagation des signaux provenant d'une mine a un temps  $t_{Sg}-t_{Pg}$  constant pour une station  
25 d'enregistrement donnée. Ce temps de propagation est présenté comme une caractéristique potentielle pour une mine, restant cependant moins fiable que les précédentes caractéristiques.

Le document référencé [5] propose d'utiliser  
30 la présence de l'onde de surface des séismes pour les discriminer des explosions nucléaires à des distances régionales. La caractérisation de la présence d'une onde de surface est effectuée indirectement en comparant les magnitudes  $m_b$  et  $M_s$ . Pour deux événements  
35 sismiques de même magnitude  $m_b$ , la magnitude de l'onde

de surface  $M_s$  est en général plus élevée dans le cas d'un séisme à cause de la présence de l'onde de surface que dans le cas d'une explosion. En effet, cette onde de Rayleigh de croûte intervient dans le calcul de la

5 magnitude  $M_s$  et sa présence est subordonnée au phénomène de cisaillement absent dans le cas d'explosions nucléaires. La représentation de la différence ( $m_b - M_s$ ) en fonction de  $m_b$  permet de vérifier cette hypothèse. Néanmoins, le calcul de la

10 magnitude  $M_s$  dépend de la périodicité du signal enregistré et n'est pas possible en toute rigueur pour des événements régionaux. Au contraire, la présence d'une onde de surface, correspondant à une onde de Rayleigh sédimentaire dans des signaux sismiques

15 proches, caractérise des événements de nature artificielle. Une méthode de détection de ce second type d'onde de surface consiste à rechercher directement sa présence dans le spectrogramme du signal, sa fréquence étant connue (entre 0,5 et 1,5 Hz)

20 et son heure d'arrivée supposée pouvant être calculée à partir de sa vitesse moyenne de propagation et de la distance séparant l'épicentre de la station d'enregistrement.

25 Les systèmes décrits dans les documents de l'art connu ne sont pas opérationnellement crédibles pour plusieurs raisons :

- Les études menées par des géophysiciens, le plus souvent riches et détaillées en matière de proposition de paramètres discriminants, ne proposent

30 pas de méthode fiable pour l'exploitation automatique de ces paramètres.

- Les études menées par des informaticiens proposent des systèmes qui ne tirent pas

assez parti de la complémentarité des données et des connaissances géophysiques.

La plupart des études de l'art connu utilisent des bases de données d'événements sismiques de taille extrêmement réduite, ce qui a pour conséquence de ne pas permettre un apprentissage statistique correct. La classification se fait, le plus souvent, sur des bases ayant moins d'une centaine d'événements, comme décrit dans les documents  
10 référencés [2] et [6]. L'une des bases les plus importantes trouvée dans les documents de l'art connu est composée de 312 événements seulement, comme décrit dans le document [4]. La conséquence directe en est que les marges d'erreurs sur les résultats présentés sont  
15 très élevées, ce qui ne permet pas d'accorder beaucoup de confiance à ces résultats.

La répartition géographique des exemples de la base de données est un élément très important. La plupart des bases regroupent des événements qui ont eu  
20 lieu dans des régions de taille restreinte (quelques dizaines de kilomètres de côté), où les propriétés géologiques des sous-sols sont peu diversifiées. La recherche de discriminants généraux est donc biaisée, les discriminants n'étant efficaces que pour une région  
25 donnée.

De plus, comme décrit dans le document référencé [1], les événements des deux classes à discriminer peuvent provenir de deux régions géographiques clairement distinctes, parfois éloignées  
30 l'une de l'autre de plusieurs centaines de kilomètres. Il est alors impossible de savoir dans quelle mesure ce n'est pas la " coloration " des signaux par les couches géologiques traversées qui permet la discrimination, plus que les signaux eux-mêmes. Or les sismologues  
35 savent que cette coloration est loin d'être négligeable

et que l'information de localisation est très importante.

Le plus souvent, un nombre très limité de stations d'enregistrement est utilisé. Les signaux sont enregistrés par deux ou trois stations au maximum, mais le plus souvent on se contente d'une unique station. L'événement sismique est alors représenté par un seul signal, ce qui réduit considérablement l'information utilisable.

Enfin, les événements intégrés dans la base de données sont très généralement sélectionnés selon un critère préalablement défini : magnitude supérieure à un seuil, rapport signal/bruit supérieur à un seuil, comme décrit dans le document référencé [2]. Mais cette sélection biaise évidemment totalement les résultats.

Si les études de l'art connu ont permis de recenser une large gamme de discriminants potentiellement utiles à la classification, il s'est avéré très difficile de trouver des discriminants globaux efficaces en raison du nombre élevé de types de tirs et de séismes distincts.

La plupart du temps, les classifieurs proposés se révèlent inefficaces parce que trop simples (séparateurs linéaires) ou impossibles à régler du fait de leur complexité. Ils imposent un énorme travail de prétraitement sur les données, ce qui rend les systèmes proposés non généralisables.

#### Exemple de surveillance sismique

Le laboratoire de détection et de géophysique (LDG) du CEA surveille en continu l'activité sismique de la terre depuis 1962. Lorsqu'un événement sismique survient en un endroit du globe, il est enregistré en France par un réseau de quarante-deux sismomètres verticaux localisés sur le territoire métropolitain,

comme illustré sur la figure 1, les stations CP étant des stations courtes périodes, et les stations LP des stations longues périodes. Une description détaillée du réseau de sismomètres et de la propagation des ondes sismiques en France est donnée dans le document référencé [7].

Ce réseau, qui utilisait depuis sa création la transmission par voies hertziennes, est passé récemment à une transmission numérique par satellite. Un filtrage et un gain adaptés du signal permettent de détecter les séismes proches ou au contraire les séismes lointains de plus longue période appelés télé-séismes. Le réglage des paramètres de filtrage et du gain doit permettre de trouver un compromis entre la détection des événements sismiques de magnitude relativement faible et le bruit de fond.

La figure 2 montre des signaux enregistrés par les sismomètres du laboratoire LDG situés entre 84 et 146 kilomètres (soit SBF : 84 km ; PGF : 110 km ; FRF : 127 km ; LMR : 136 km et LRG : 148 km) de l'épicentre estimé d'un séisme de magnitude 1,9 localisé à 10 kilomètres au sud d'Imperia en Italie, le 9 mai 1996 (heure : 1 heure 0 minute 59 secondes ; latitude : 43.34 ; longitude : 8.19 ; magnitude : 1,9).

Sur chaque signal sont répertoriées différentes phases sismiques qui serviront lors de l'analyse détaillée de l'événement.

Chaque année, environ 9000 événements sismiques proches sont ainsi détectés, dont 800 à 1 200 séismes naturels.

Les sismologues du laboratoire LDG dépouillent et analysent quotidiennement les données enregistrées par les stations du réseau français. Ils publient un bulletin hebdomadaire contenant l'ensemble des séismes naturels survenus en France ou dans les



régions limitrophes. Un bulletin similaire est publié pour les télé-séismes. Le tableau I, donné en fin de description, est un extrait du bulletin relatif à la période du 9 au 15 septembre 1998. Dans ce tableau on a  
5 les abréviations suivantes :

	HEURE OR	: heure d'origine (TU) ;
	LAT	: latitude de l'épicentre (deg) ;
	LON	: longitude de l'épicentre (deg) ;
	PRO	: profondeur de l'épicentre (km) ;
10	ML	: magnitude locale ;
	RMS	: résidu quadratique moyen (s).

Ce tableau comporte donc l'ensemble des séismes proches détectés durant cette semaine et les caractéristiques de chaque événement : date et heure origine, position  
15 et profondeur de l'épicentre, magnitude, résidu quadratique moyen de localisation et région de localisation déduite.

En raison du fort déséquilibre entre le nombre d'événements artificiels et celui d'événements  
20 naturels (en France, les événements sismiques d'origine artificielle sont dix fois plus fréquents que les événements sismiques naturels), seuls les événements supposés être des séismes ou les événements de classe indéterminée sont extraits du bruit de fond par les  
25 sismologues pour être ensuite analysés plus précisément par un logiciel de localisation. Les autres signaux (événements artificiels pour la plupart) sont archivés pendant six mois.

La procédure d'exploitation des signaux  
30 consiste en une localisation déjà automatisée, suivie d'une phase de caractérisation (détermination de l'événement à l'origine des signaux).

L'exploitation des signaux est effectuée à l'aide du système global illustré sur la figure 3.

L'invention a pour objectif de pallier les inconvénients des systèmes de l'art connu en proposant un nouveau système d'intelligence artificielle pour la classification d'événements, d'objets ou de situations à partir de signaux et de paramètres discriminants  
5 issus de modèles.

#### EXPOSE DE L'INVENTION

La présente invention concerne un système d'intelligence artificielle pour la classification d'événements, d'objets ou de situations à partir de signaux et de paramètres discriminants issus de modèles, caractérisé en ce qu'il comprend au moins une  
10 branche de traitement comprenant un système expert flou (expert SEF) prenant une décision à partir de propriétés de haut niveau et de paramètres discriminants de plus bas niveau extraits des signaux par des procédures de type traitement de signal, et capable d'expliquer sa décision à l'utilisateur par  
15 l'intermédiaire de règles triées par ordre d'applicabilité.

Dans ce système expert flou on effectue une descente de gradient sur les paramètres :

- $x = y/\sigma$
- 25 •  $s = \ln(2\sigma^2)$
- $r = \ln(\rho)$
- $d$

avec :

- $y$  : position des ensembles flous des  
30 prémisses
- $\sigma$  : largeur des ensembles flous des prémisses
- $\rho$  : poids des règles
- 35 •  $d$  : degré d'activation de chaque classe pour chaque règle

Avantageusement le système de l'invention est un système multi-experts constitué d'au moins deux branches de traitement indépendantes, se configurant automatiquement par apprentissage statistique sur des  
5 bases de données, ayant des propriétés particulières, et fusionnées par un système décisionnel de haut niveau. Avantageusement une branche comprend un classifieur neuro-flou (expert CNF) prenant ses décisions à partir de propriétés de haut niveau et de  
10 paramètres discriminants de plus bas niveau extraits des signaux par des procédures de type traitement de signal. Avantageusement une autre branche comprend un réseau neuronal à connexions locales et poids partagés (expert TDNN) constitués de bancs de filtres adaptatifs  
15 non linéaires, extrayant lui-même des informations discriminantes de représentation temps-fréquence des signaux correspondants à l'événement.

L'invention peut être utilisée dans différents domaines d'application et notamment en :

20

• *Surveillance d'événements géophysiques*

Le système s'applique alors à l'analyse de tout événement géophysique observable par des signaux recueillis par des stations :

25

- signaux sismiques ;
- infrasons ;
- ondes hydro-acoustiques.

Ces événements peuvent être des événements proches (dits régionaux) ou lointains (par exemple des  
30 télé-séismes).

la fonction à assurer peut être :

- un filtrage pour éliminer les événements non pertinents pour des traitements en aval ;
- une détection d'événements particuliers ;

- une classification exhaustive en un ensemble de groupes d'événements de même nature.

• **Surveillance et contrôle industriels**

5           Le système s'applique également à l'analyse d'objets ou de processus industriels, pour peu que l'on dispose de signaux ou d'images recueillis par des capteurs. En voici quelques exemples :

10           ▪ Contrôle de qualité d'objets ou de produits manufacturés : l'objectif est de contrôler la forme et/ou la position d'objets, détecter et caractériser des défauts. Les experts CNF et SEF utilisent des mesures réalisées par traitement d'images. L'expert TDNN utilise une ou plusieurs images de la pièce.

15           ▪ Maintenance prédictive d'équipements : l'objectif est de prévoir une future défaillance de machines, d'ordinateurs, d'équipements électroniques, de capteurs afin de donner l'alerte et de pouvoir mettre en œuvre une procédure de correction avant la  
20 panne. Les experts CNF et SEF utilisent des mesures de coefficients de haut niveau, des corrélations. L'expert TDNN utilise des signaux.

25           ▪ Surveillance de processus complexe : l'objectif est de surveiller le bon fonctionnement d'une chaîne de production. Les experts CNF et SEF utilisent des mesures de coefficients de haut niveau. L'expert TDNN utilise des mesures de coefficients de bas niveau.

30           Dans le domaine géophysique, les propriétés de haut niveau peuvent être la localisation, la magnitude, l'heure et la date. Le système de l'invention permet de réaliser la classification automatique d'événements sismiques en trois ensembles :

35           - séismes naturels ;

- explosions (tirs de mines et essais militaires) ;

- coups de terrain (effondrement de couches minières).

5           Le système s'intègre alors dans une chaîne de traitements automatiques pour opérer une fonction de filtrage des événements sismiques. Ses caractéristiques principales sont :

- une fiabilité maximale : le système est

10 capable de prendre des décisions même avec des données dégradées ou imprécises, voire en l'absence de certaines informations ;

- l'accès à l'explication des décisions afin de lever un doute éventuel sur une décision.

15

#### BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

La figure 1 illustre le réseau de sismomètres du laboratoire de détection et de géophysique (LDG) du CEA en 1998.

20           La figure 2 illustre des exemples de signaux sismiques enregistrés par le réseau de la figure 1.

La figure 3 illustre un système global d'exploitation de signaux géophysique de l'art connu.

La figure 4 illustre le schéma de principe du

25 système multi-experts de discrimination d'événements sismiques de l'invention.

La figure 5 illustre le schéma général d'apprentissage du système de l'invention à partir d'exemples.

30           La figure 6 illustre un neurone artificiel.

La figure 7 illustre un réseau de neurones artificiels.

La figure 8 illustre un classifieur neuro-flou.

La figure 9 illustre un mécanisme d'activation de cellules de codage.

La figure 10 illustre des exemples d'activation des cellules de codage.

5 La figure 11 illustre un système expert flou pour la discrimination d'événements sismiques.

Les figures 12A à 12D illustrent des prétraitements successifs appliqués à un signal sismique.

10 La figure 13 est une architecture d'un réseau de neurones à connexions locales et poids partagés.

La figure 14 illustre la représentation des épicentres des événements sismiques de 1962 à 1996.

## 15 EXPOSE DETAILLE DE MODES DE REALISATION

### Description générale du système

Le système de l'invention comporte au moins une branche de traitement contenant un système expert flou. Lorsqu'il comprend plusieurs branches de  
20 traitements indépendantes, on parle de système multi-experts.

#### **• Prise de décision multi-experts**

Le principe de la prise de décision multi-experts, qui est donc l'un des modes de réalisation de  
25 l'invention, est l'exploitation de la synergie entre plusieurs branches de traitement complémentaires. Cette complémentarité réside dans :

A. Les performances générales : une branche  
30 est plutôt généraliste (performances assez bonnes dans la plupart des cas), une autre est plutôt spécialiste (très bonnes performances sur certains cas difficiles, taux d'erreurs plus élevé sur les cas ne  
35 relevant pas de sa compétence).

B. Les performances selon le cas traité : une branche peut être plus apte qu'une autre à traiter tel cas particulier.

5 C. La nature des entrées (signaux ou données de haut niveau).

D. La nature des sorties (simple donnée de la classe, estimation de la certitude de la décision, explication formelle de la décision).

10 La figure 4 illustre le schéma de principe du système multi-experts de discrimination d'événements sismiques de l'invention. Ce système est constitué de plusieurs branches de traitement indépendantes, chacune ayant des propriétés particulières, fusionnées par un  
15 système décisionnel de haut niveau.

Ces branches sont :

- un classifieur neuro-flou, dit CNF, prenant ses décisions à partir de propriétés de haut niveau des événements (par exemple pour les événements sismiques :  
20 localisation, magnitude, heure, jour de la semaine) et des paramètres de plus bas niveau extraits des signaux par des procédures de type traitement du signal ;

- un système expert flou, dit SEF, prenant une décision de façon indépendante à partir des mêmes  
25 informations, et capable d'expliquer sa décision à l'utilisateur par l'intermédiaire de règles triées par ordre d'applicabilité à l'événement traité ;

- un réseau neuronal à connexions locales et poids partagés, dit TDNN, constitué de bancs de filtres  
30 adaptatifs non linéaires, extrayant lui-même des informations pertinentes de représentations temps-fréquence des signaux correspondant à l'événement.

Ces trois branches se configurent automatiquement par apprentissage statistique sur des  
35 bases de données d'événements sismiques.

• **Apprentissage à partir d'exemples**

L'apprentissage à partir d'exemples consiste à construire un modèle du système de prise de décision par ajustement progressif de paramètres à partir de données. Ce modèle doit être capable d'associer la bonne décision (sortie) à un ensemble de données décrivant le cas traité (entrées). Cela se fait progressivement, par présentation itérative des cas disponibles dans la base d'exemples en entrée du système. Une telle procédure est illustré sur l'organigramme de la figure 5.

Dans l'invention, le modèle qui apprend peut être soit un réseau de neurones artificiels, soit un système expert flou.

Une fois que le système a terminé sa phase d'apprentissage, ses paramètres internes sont figés et le système est prêt à être utilisé.

20 • **Réseau de neurones de type « Perceptron multicouche »**

Un tel réseau de neurones artificiels de type « Perceptron multicouche » est un modèle particulier de réseau de neurones pouvant être utilisé comme système de prise de décision. Il est constitué d'un réseau d'automates de calcul simples, les " neurones artificiels ".

Un neurone  $N^j$ , comme illustré sur la figure 6, est une entité constituée d'un vecteur-poids  $W_j = \{w_{ij}\}$  et d'une fonction de transfert non linéaire  $\phi$ . Il admet en entrée un vecteur  $X = \{x_i\}$  et effectue une transformation de ces entrées de type  $y_j = \phi \left( \sum_i w_{ij} x_i \right)$ .

Par similitude avec le vocabulaire employé en neurophysiologie, on dit que chaque entrée  $x_i$  est reliée au neurone  $N^j$  par une connexion synaptique. Un



poids synaptique  $w_{ij}$  module l'efficacité de cette connexion.

Dans un réseau de neurones artificiels, comme illustré sur la figure 7, les neurones sont assemblés en couches successives. Une couche est définie comme un ensemble de neurones n'ayant pas de connexions entre eux, mais pouvant avoir des connexions avec des neurones des couches précédentes (entrées) ou suivantes (sorties). En général, on ne connecte que des neurones de couches successives.

L'apprentissage consiste à modifier progressivement les valeurs des poids  $w_{ij}$  jusqu'à ce que les sorties du réseau, qui est constitué d'un certain nombre de couches de neurones, correspondent aux sorties désirées.

Pour cela, on définit une erreur de classification que l'on cherche à minimiser. L'erreur la plus couramment utilisée est l'erreur quadratique, définie par  $E = \sum_{k=1}^{N_{SORTIES}} (z_k - z_k^{désirée})^2$ . La méthode consiste à faire une descente de gradient sur les poids par l'équation  $\Delta w_{ij} = -\alpha \frac{\partial E}{\partial w_{ij}}$  avec  $\alpha > 0$ . Cette équation, lorsqu'on la développe, donne la formule de correction pour chaque poids du réseau.

## • **Système expert flou**

Un système expert flou est un autre modèle de système de prise de décision. Il présente l'avantage sur le réseau de neurones de donner une forme d'explication de ses décisions. Il est constitué d'un ensemble d'unités de calcul, les " règles d'inférence floue ".

Une règle d'inférence floue est une entité de la forme " si < prémisses > alors < conclusion > ". La

prémisse est la partie que l'on cherche à mettre en correspondance avec les données d'entrées.

En effet, un ensemble flou est un ensemble dont les frontières sont progressives, au contraire  
5 d'un ensemble classique, dont les frontières sont nettes. Un élément fait donc plus ou moins partie de chaque ensemble flou. Lorsque les données sont de dimension 1, un ensemble classique peut être représenté par un rectangle (appartenance = 1 à l'intérieur, 0 au-  
10 dehors), alors qu'un ensemble flou peut être un triangle, un trapèze, une gaussienne...

De même que précédemment, l'apprentissage consiste à modifier progressivement les valeurs des paramètres jusqu'à ce que les sorties du système expert  
15 flou correspondent aux sorties désirées.

Quatre types de paramètres sont calculés par apprentissage : la position et la largeur des ensembles flous des prémisses, les poids des règles et le degré d'activation de chaque classe pour chaque règle.

En phase d'utilisation opérationnelle, le  
20 système expert flou fournit, en plus de la classe attribuée à l'événement sismique, la liste des règles applicables par ordre décroissant de pertinence. Certaines de ces règles peuvent être en contradiction  
25 avec les autres, ce qui permet d'examiner les solutions alternatives, mais c'est l'agrégation du résultat de toutes les règles qui fournit le résultat global.

L'utilisateur a donc à sa disposition :

- la décision brute (séisme, explosion, coup  
30 de terrain) ;
- la liste des règles applicables ;
- la liste des règles apportant une contradiction à cette décision ;

- la raison de la décision de chaque règle (par examen de la cohérence entre les données et les ensembles flous correspondants).

Un exemple de règle de décision trouvée par le système est le suivant :

si (Heure est *milieu\_de* après-midi)  
et (Latitude est *très\_proche\_de* 43.5° N)  
et (Longitude est *très\_proche\_de* 5.5° E)  
et (Magnitude est *environ* 2.7)  
10 et (Date est *de\_préférence* samedi)  
alors (avec niveau de confiance = 0,8)  
(séisme est improbable)  
(explosion est probable)  
(coup de terrain est improbable)

15

Dans l'invention, pour des raisons de convergence difficile, on paramètre cette descente de gradient en introduisant des variables intermédiaires. Si l'on veut effectuer une descente de gradient sur un paramètre  $p$  avec  $p = \phi(s)$ ,  $\phi$  étant une fonction dérivable, strictement monotone, indépendante de  $p$  et des valeurs des exemples servant à l'apprentissage, on a les mêmes solutions finales en effectuant une descente de gradient sur  $s$ . L'avantage d'un tel  
20 changement de variable est qu'il devient possible de changer la façon d'atteindre la solution, et en particulier de faciliter la convergence dans les cas difficiles.

Dans l'invention, on optimise les paramètres  
30 suivants :

(1) La position  $y$  des ensembles flous des prémisses : lorsque la descente de gradient est appliquée directement sur ce paramètre, on obtient généralement une convergence difficile. Ceci s'explique

par le fait que la variation de la position  $y$  des ensembles flous des prémisses n'est pas une fonction croissante de la distance à l'exemple. On corrige ce phénomène en posant  $x=y/\sigma$ .

5                   (2) La largeur  $\sigma$  des ensembles flous des prémisses : lorsque les données sont structurées en groupes de tailles très différentes, l'algorithme ne peut pas converger. En étudiant la variation relative  $\Delta\sigma/\sigma$ , on découvre qu'elle n'est pas bornée (c'est-à-dire que rien ne l'empêche de tendre vers des valeurs  
10                   infinies). Lorsque les données sont très groupées, cette variation prend effectivement des valeurs très élevées. Pour avoir une modification relative plus faible lorsque les données sont rapprochées, on pose  
15                    $s=\ln(2\sigma^2)$ .

                  (3) Les poids  $\rho$  des règles : c'est le paramètre le plus difficile à régler. Avec une descente de gradient directe, les poids les plus faibles diminuent et deviennent négatifs, ce qui leur fait  
20                   perdre toute signification et fait diverger l'algorithme. On choisit donc une fonction d'activation positive en imposant une contrainte supplémentaire : pour différents exemples avec le même niveau activation de la règle, la variation de ce niveau doit être la  
25                   même si les conclusions sont égales. La conséquence est que la variation relative des poids des règles doit être constante lorsque les exemples ont le même degré d'appartenance aux ensembles flous. Ceci est réalisé en posant  $r=\ln(\rho)$ .

30                   (4) Le degré d'activation  $d$  de chaque classe pour chaque règle.

                  La descente de gradient est donc effectuée non pas sur  $y$ ,  $\sigma$  et  $\rho$ , mais sur :

- $x=y/\sigma$
- 35                   ▪  $s=\ln(2\sigma^2)$

$$\bullet r = \ln(p)$$

Pour d, on n'effectue pas de changement de variable. Ces changements de variables assurent une très bonne qualité de convergence et permettent l'obtention de  
5 systèmes-experts flous très efficaces.

• **Base d'exemples et validation**

La base d'exemples utilisée doit vérifier deux principes fondamentaux :

10 - être qualitativement représentative du problème réel (distribution des exemples conformes à la distribution réelle) ;

- être quantitativement représentative du problème (nombre d'exemples suffisant pour constituer  
15 un échantillonnage satisfaisant).

Il existe plusieurs méthodologies d'apprentissage et de validation. Dans la procédure la plus simple, on divise la base d'exemples en deux bases disjointes : la base d'apprentissage et la base de  
20 test. On entraîne le système par apprentissage sur la première et on vérifie son bon fonctionnement sur la seconde. Une base d'exemples ne vérifiant pas conjointement les deux propriétés énoncées ci-dessus fait courir le risque de conduire à un système  
25 incapable de généraliser correctement, c'est-à-dire de fonctionner sur des exemples nouveaux, non présentés au cours de la phase d'apprentissage.

Que ce soit pour les réseaux de neurones artificiels, pour les systèmes-experts flous ou plus  
30 généralement pour tout système conçu par apprentissage statistique sur des données expérimentales, il est primordial d'utiliser une base d'exemples suffisante en qualité et en quantité, et de valider le système mis au point par des procédures rigoureuses.

### Description détaillée

#### • *Description d'un événement sismique*

Un événement sismique à identifier peut être décrit par :

- 5                   - la donnée des signaux en provenance du réseau de stations sismiques, ou
- des propriétés de plus haut niveau, directement mesurables ou calculées par des modèles géophysiques. On peut utiliser, par exemple la
- 10                   localisation de l'événement (latitude et longitude), sa magnitude et le moment où il est survenu (heure et jour de la semaine). Par exemple les informations de haut niveau sont les suivantes : le jeudi 7 avril 1966 à 12 heures, un séisme de magnitude 1,4 s'est produit par
- 15                   02°35'06" de longitude est et 49°12'25" de latitude nord.

#### • *Le classifieur neuro-flou*

20                   Le classifieur neuro-flou (expert CNF), comme illustré sur la figure 8, est constitué d'un codage neuro-flou des données suivi d'un perceptron multicouche. Il s'applique aux données de haut niveau.

                  Le codage neuro-flou consiste à associer plusieurs cellules de codage à chaque variable (ou

25                   groupe de variables) d'entrée, chaque cellule ayant une région d'influence modélisée par une fonction définissant son mécanisme d'activation. La présentation d'un vecteur de valeurs génère alors un schéma d'activation des cellules de codage associées.

30                   La figure 9 illustre ce mécanisme d'activation des cellules de codage. La présentation d'une valeur génère un schéma d'activation correspondant à la réponse impulsionnelle de chaque fonction d'activation à la valeur présentée. Les

35                   niveaux de gris affectés aux centres des cellules

indiquent leur niveau d'activation compris entre 0 et 1 (noir : 1, blanc : 0).

La figure 10 montre des exemples de schémas d'activation générés par la présentation de valeurs typiques. Il s'agit d'un codage de type curseur. La  
5 valeurs faibles (respectivement élevées) activent préférentiellement les cellules de gauche (respectivement droite).

L'intérêt de ce codage est multiple :

10 - par sa nature même, il permet de représenter des données incomplètes, imprécises ou incertaines et de les utiliser efficacement pour la prise de décision ;

- par ses propriétés de conditionnement non  
15 linéaire des données, il facilite les traitements ultérieurs (ici, la classification).

Ce codage neuro-flou est réalisé en plusieurs étapes successives : définition des sous-groupes de caractéristiques, choix et placement des cellules de  
20 codage affectées à chaque groupe, détermination des paramètres de la région d'influence de chaque cellule. Les détails de cette procédure sont exposés dans le document référencé [8].

Une fois les données codées, elles sont  
25 analysées par le perceptron multicouche qui en calcule la classe.

#### • *Le système expert flou*

Dans un mode de réalisation le système de  
30 l'invention comporte une seule branche de traitement basée sur un tel système expert flou

Le système expert flou (expert SEF) s'applique également aux données de haut niveau.

Dans la figure 11, on représente un système  
35 expert flou à cinq règles (une règle par ligne).

Pour chaque ligne, les cinq colonnes de gauche représentent les prémisses et correspondent à cinq entrées : l'heure, la latitude, la longitude, la magnitude et la date. Les prémisses sont composées d'ensembles flous en forme de gaussiennes qui recouvrent les domaines de la variable d'entrée conduisant à un renforcement de l'activité de la règle.

Quatre types de paramètres sont calculés par apprentissage : la position et la largeur des ensembles flous des prémisses (colonnes 1 à 5), les poids des règles (colonne 6), qui permet de spécifier le degré d'importance de chaque règle dans le processus de décision et le degré d'activation de chaque classe (séisme naturel, explosion ou coup de terrain) pour chaque règle (colonnes 7 à 9).

A chaque présentation d'un exemple à classifier, on calcule le contenu de la colonne 10 et de la colonne 6 :

- La colonne 10 donne l'activation de chaque règle (et permet donc d'estimer son adéquation avec le cas traité).

- La ligne 6 est la synthèse des décisions des cinq règles et donne la réponse globale du système expert flou (ici, la décision est « explosion »). Cette synthèse est faite en calculant le barycentre des décisions de toutes les règles (colonnes 7 à 9) pondérées par le niveau d'activation correspondant (colonne 10). Sur la figure 11, la position du barycentre pour chaque classe est symbolisée par un trait vertical ligne 6, colonnes 7 à 9.

L'apprentissage est réalisé en deux temps :

- une première phase consiste à positionner les ensembles flous (centres et largeurs), par exemple au moyen d'un algorithme dit des C-moyennes floues, comme décrit dans le document référencé [9] ;



- une deuxième phase consiste à réaliser une descente de gradient sur les quatre types de paramètres.

5    • **Le réseau neuronal à connexions locales et poids partagés**

          Au contraire des deux branches précédentes, le réseau de neurones à connexion locale et poids partagés (expert TDNN) admet en entrée les signaux  
10    sismiques eux-mêmes et apprend à extraire par apprentissage non seulement la procédure de décision, mais aussi les paramètres discriminants qui vont servir de base à cette décision. Ce réseau neuronal est de type perceptron multicouche à connexions locales et  
15    poids partagés prenant en entrée les spectrogrammes prétraités des signaux sismiques, comme décrit dans le document référencé [10]. Ces spectrogrammes sont obtenus par l'application d'une transformée de Fourier à fenêtre glissante sur le signal.

20           Les figures 12A à 12D illustrent les prétraitements successifs appliqués à chaque signal sismique aboutissant à un spectrogramme final à 15 bandes fréquentielles : la figure 12A illustre le signal initial ; la figure 12B illustre le  
25    spectrogramme déduit du signal avec 50 bandes fréquentielles ; la figure 12C illustre le spectrogramme « débruité » ; la figure 12D illustre le spectrogramme après réduction de 50 à 15 bandes fréquentielles.

30           Le spectrogramme obtenu est ensuite prétraité puis présenté en entrée d'un réseau de neurones de type TDNN. Chaque réseau est spécialisé dans le traitement des signaux enregistrés par une station donnée.

          La figure 13 illustre l'architecture d'un  
35    réseau TDNN spécialisé dans la classification des

spectrogrammes déduits des signaux enregistrés par un sismomètre donné, ce réseau comportant quatre couches de neurones. La couche d'entrée a des connexions locales et des poids partagés (4 trames avec un  
5 décalage de 2 trames) avec la première couche cachée. Celle-ci a de même des connexions locales à poids partagés (9 trames avec un décalage de 5 trames) avec la seconde couche cachée, totalement connectée à la dernière couche.

10 Les poids partagés rendent l'architecture plus robuste aux petits décalages des pointages des phases ou de trames manquantes ou erronées. Cependant, à cause de la vitesse de propagation des ondes P (compression) et S (cisaillement), la durée entre  
15 l'arrivée de la phase P et de la phase S varie en fonction de la distance entre la station d'enregistrement et l'épicentre de l'événement, ce qui complique l'apprentissage. La solution adoptée consiste à aligner le pointage de la phase P sur la 10<sup>ème</sup> trame  
20 et celui de la phase S sur la 60<sup>ème</sup> trame.

• *La prise de décision finale*

Pour la prise de décision finale, on suppose que toutes les sorties sont comprises dans l'intervalle  
25 réel[-1,1]. Cette prise de décision consiste en une association des réponses fournies par les trois branches afin d'augmenter la fiabilité. Elle peut être réalisée par un calcul de moyennes arithmétiques sur les sorties homologues de chacune des trois branches.  
30 Pour chacune des trois sorties  $S_i$  du système global, on a alors :

$$S_i = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 S_{ij}$$

La certitude sur la réponse est évaluée par un coefficient calculable seulement si le système est

en situation de prise de décision (c'est-à-dire s'il y a une et une seule sortie strictement positive). Ce coefficient est alors égal à la moyenne des valeurs absolues des sorties :

$$K = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 |S_i|$$

- $K < 0.2$  : doute
- $K \in ]0.2, 0.4]$  : prudence
- $K \in ]0.4, 0.6]$  : certitude raisonnable
- $K \in ]0.6, 0.8]$  : grande certitude
- 10 •  $K > 0.8$  : certitude quasi absolue

Ainsi, on peut avoir par exemple :

Système	Classe choisie	Détail des réponses par classe	Degré de certitude
1	Classe 3	(-0,9 -0,4 +0,8)	0,7 : grande certitude
2	Indétermination 1 ou 3	(+0,1 -0,5 +0,3)	Incertitude complète
3	Classe 1	(+0,2 -0,6 -0,2)	0,3 : prudence
Fusion	Classe 3	(-0,2 -0,5 +0,3)	0,3 : prudence

15

Exemple de mise en oeuvre de l'invention :  
discrimination d'événements sismiques régionaux

• **Localisation de l'événement**

La discrimination « événement naturel /  
 20 événement artificiel » est une étape majeure de la surveillance sismique, réalisée rapidement dès la lecture des signaux lors de la phase de dépouillement, puis affinée au cours de chaque nouveau traitement. On évalue à environ sept ans le temps nécessaire aux  
 25 analystes pour être véritablement opérationnels. Ces

analystes étant de véritables experts, il est difficile d'exprimer clairement leur méthode de raisonnement basée à la fois sur des connaissances expertes et sur un raisonnement par cas.

5           La localisation d'un événement sismique est obtenue après une succession d'aller-retours entre deux phases principales :

- le pointage des différentes phases sismiques effectué sur les signaux enregistrés par les stations ayant détecté l'événement et le calcul de la  
10           magnitude ;

- la localisation elle-même, réalisée à l'aide d'un modèle mathématique conçu par les sismologues.

15           A l'issue de la phase de pointage, la localisation de l'événement peut-être effectuée à l'aide d'un logiciel de simulation connu de l'homme de métier. Il fait appel à des modèles sismologiques contenant des informations sur la vitesse des ondes, les différents types d'ondes et leur mode de  
20           propagation, des corrections d'altitude selon les stations... Plusieurs hypothèses de localisation sont proposées, associées à un degré de cohérence des données. Si celles-ci ne conviennent pas à l'expert, il  
25           modifie ses pointés de phases puis relance une localisation. Ce cycle est réitéré jusqu'à l'obtention d'un résultat jugé satisfaisant.

La qualité de la localisation dépend du nombre et de la qualité des stations ayant servi à la  
30           localisation de l'événement, ainsi que de leur répartition azimutale. Les événements situés en France sont donc, en règle générale, mieux localisés que les événements étrangers. Pour affiner la localisation dans ce dernier cas, les experts accèdent régulièrement à  
35           des données étrangères. Avec les seules données

françaises, la précision de localisation des événements survenant en France est en moyenne de cinq kilomètres. Elle est estimée à environ un kilomètre dans le meilleur des cas.

5           Le tableau II en fin de description donne un exemple de résultats fournis par la procédure de localisation. La partie supérieure résume les résultats obtenus : à chaque valeur d'heure origine, de magnitude et de localisation (latitude-longitude) est associée le  
10   niveau d'imprécision estimé. La partie inférieure indique les stations ayant servi à la localisation et les erreurs moyennes quadratiques (RMS) obtenues en fonction de l'hypothèse de profondeur de l'épicentre. Dans le cas des coups de terrain, la profondeur est  
15   arbitrairement fixée à un kilomètre.

• *Caractérisation de l'événement*

On s'intéresse ici aux événements sismiques locaux et régionaux, c'est-à-dire survenus en France  
20   métropolitaine ou dans les régions limitrophes. Ces événements sont souvent qualifiés de *proches* par opposition aux *téléséismes lointains* (épicentre situé à plusieurs milliers de kilomètres du capteur).

Trois types d'événements sismiques doivent  
25   être discriminés :

- les séismes, événements sismiques d'origine naturelle ;
- les explosions terrestres (tirs de mines, de carrières, de chantiers...) ou en mer (déminage,  
30   essais d'armes...) ;
- les coups de terrains correspondant à l'effondrement d'une couche minière et liés à l'exploitation de la mine.

L'analyse de l'état de l'art a montré l'échec  
35   des approches basées sur une discrimination à partir de

signaux sismiques uniquement. On exploite donc l'ensemble des données disponibles en adoptant une approche basée sur la fusion multi-experts et multi-sources. La conception du système de discrimination automatique d'événements sismiques est basée sur trois modules :

- les deux premiers (experts CNF et SEF) sont des modules effectuant une discrimination à partir des seules données de haut niveau, déduites par le modèle inverse du laboratoire LDG. Aucun signal sismique n'est donc directement pris en compte à ce niveau ;

- le troisième (expert TDNN) est basé sur l'analyse des signaux sismiques.

15

#### • *Données utilisées*

##### Répartition géographique des événements

Les événements sismiques à analyser se répartissent sur l'ensemble du territoire français et dans un périmètre proche. Les épicentres des événements enregistrés par le laboratoire LDG de 1962 à 1996 sont illustrés sur la figure 14.

20

##### Données de haut niveau

Chaque événement sismique est caractérisé par les informations suivantes : la date et l'heure origine de l'événement, la latitude et la longitude de l'épicentre, et sa magnitude.

25

L'heure et la date sont retenues en raison des règles régissant les tirs de carrières ou de mines en France, interdisant les tirs nocturnes ou durant les week-ends et jours fériés. Néanmoins, des dérogations sont accordées à certains chantiers, par exemple pour éviter les nuisances à la circulation.

30

La magnitude est retenue car les coups de terrain ont une magnitude typique d'après les sismologues (environ 3). De plus, seuls les séismes peuvent fournir les plus fortes magnitudes. Plusieurs  
5 valeurs de magnitude sont prises en compte lorsqu'elles sont disponibles.

La localisation de l'épicentre, caractérisée par sa latitude et sa longitude, est également une caractéristique majeure. Il existe néanmoins certaines  
10 mines situées dans des régions à forte sismicité et susceptibles d'occasionner des coups de terrain.

#### Données de bas niveau

Les données de bas niveau sont les signaux en  
15 provenance des 42 stations sismiques du laboratoire LDG (voir la figure 1). Les prétraitements portent essentiellement sur la création des spectrogrammes des signaux sismiques, qui sont non stationnaires. Ces spectrogrammes sont obtenus par l'application d'une  
20 transformée de Fourier à fenêtre glissante sur le signal. Dans un premier temps, le signal, échantillonné à 50 Hz, est segmenté en trames de deux secondes décalées d'une seconde par une fenêtre de Hamming. On calcule ensuite la densité spectrale d'énergie sur 50  
25 bandes fréquentielles avec élimination de la composante continue. Puis, on applique une transformation logarithmique avec soustraction de bruit, dont le modèle est supposé logarithmique, dans chaque bande selon l'équation  $\max(\ln(1+x) - \mu(\text{bruit}) - \sigma(\text{bruit}), 0)$ , où  
30  $\mu(\text{bruit})$  et  $\sigma(\text{bruit})$  correspondent à la moyenne et à l'écart-type du bruit estimés sur une période antérieure au pointage de l'onde P. Enfin, on réduit le nombre de bandes fréquentielles de 50 à 15 par une compression pseudo-logarithmique des hautes fréquences.

• *Résultats obtenus*

Le système décrit ci-dessus classifie les  
5 événements sismiques régionaux français avec les  
performances suivantes :

- 86 % pour les séismes ;
- 91 % pour les explosions ;
- plus de 99% pour le coups de terrain.

10 Les performances globales sont d'environ 90%.



TABLEAU I

BULLETIN PROCHE DU 09 SEP 1998 AU 15 SEP 1998

P 1998-037

## SEISMES PROCHES - RESUME - NOMBRE D'EVENEMENTS : 34

DATE	HEURE CR	LAT	LON	PRO	ML	RMS	REGION
09 Sep	4 19 55.8	44.15 N	11.59 E	2	2.9	.8 44 km SE Bologne	
09 Sep	11 27 59.3	39.73 N	16.28 E	2	5.0	1.4 162 km S Bari	
09 Sep	11 33 35.6	44.43 N	9.83 E	2	3.0	.7 71 km E Genes	
09 Sep ( PGF = 20H 50min)							
10 Sep	7 19 30.1	45.63 N	11.18 E	2	2.7	1.1 49 km S Trento	
10 Sep	15 41 48.2	40.67 N	.16 W	5	3.0	1.3 57 km W Vinaros	
10 Sep	18 13 40.7	43.07 N	.40 W	2	2.1	.3 22 km SE Oloron-St-Marie (64)	
10 Sep	20 41 27.1	45.41 N	6.66 E	2	2.2	.7 29 km NE Saint-Jean-de-Maurienne (73)	
11 Sep	8 51 53.4	42.03 N	9.53 E	2	2.5	.3 44 km SE Corte	
11 Sep	11 28 48.9	44.69 N	7.18 E	2	2.2	.3 44 km NW Cuneo	
12 Sep	4 28 48.2	42.92 N	.20 E	5	1.8	.2 17 km S Bagneres-de-Bigorre (65)	
12 Sep	5 30 20.9	43.40 N	6.67 E	2	1.7	.2 29 km NE Saint-Jean-de-Maurienne (73)	
12 Sep	8 47 31.6	44.61 N	10.22 E	2	2.7	.6 90 km W Bologne	
12 Sep	9 40 56.6	41.27 N	1.40 E	2	2.5	1 66 km W Barcelona	
12 Sep	9 48 8.1	44.06 N	12.72 E	2	3.1	.6 78 km NW Ancone	
12 Sep	13 56 44.3	47.94 N	2.55 W	2	1.8	.5 34 km SE Pontivy (56)	
12 Sep	22 13 10.3	51.47 N	6.88 E	2	2.8	.3 29 km N Dusseldorf	
13 Sep	2 9 31.5	46.12 N	7.94 E	2	2.4	.6 36 km SE Sierra	
13 Sep	6 23 28.3	39.64 N	.75 W	2	2.8	.6 35 km NW Valence	
13 Sep	15 41 37.2	43.05 N	.46 W	2		.1 19 km SE Oloron-St-Marie (64)	
14 Sep	3 33 33.0	44.28 N	10.93 E	2	3.4	.7 41 km SW Bologne	
14 Sep	5 24 49.7	38.20 N	13.03 E	2	4.0	1.3 32 km W Palermo	
14 Sep	6 57 37.4	44.37 N	10.62 E	2	2.7	1.0 59 km W Bologne	
14 Sep	9 7 36.6	48.10 N	7.94 E	14	3.0	.3 13 km NE Freiburg-im-Breisgau	
14 Sep	10 21 11.6	44.26 N	10.89 E	2	3.2	.5 44 km SW Bologne	
14 Sep	13 57 14.0	48.05 N	3.54 W	22		.1 36 km N Lorient (56)	
14 Sep ( PGF = 17H 5min)							
14 Sep	17 11 2.1	46.18 N	6.79 E	2	2.0	.4 32 km SE Thonon-les-Bains (74)	
14 Sep	19 35 8.1	43.65 N	12.42 E	2	2.8	.4 59 km N Peronga	
14 Sep	22 39 44.4	44.68 N	7.60 E	2	2.1	.7 31 km N Cuneo	
15 Sep	6 24 25.7	43.59 N	7.69 E	19	2.5	.3 24 km S San Remo	
15 Sep	15 48 1.8	43.47 N	.65 W	2	2.7	.4 30 km NW Pau (64)	
15 Sep (ETSP = 18H 5min)							
15 Sep	23 3 52.8	44.22 N	10.77 E	2	2.7	.5 54 km SW Bologne	

HURECR: heure origine (TU)  
 LAT: latitude de l'épicentre (deg)  
 LON: longitude de l'épicentre (deg)  
 PRO: profondeur de l'épicentre (Km)  
 ML: magnitude locale  
 RMS: résidu quadratique moyen (s)

## TABLEAU II

```
100596      probul.dat      /data/sismic/exploit/dat/P19190.131.tou17:06 METDST 1
nombre de stations utilisees 11 - Res dans bulletin: oui
preloc. lat: 43.2 lon: 5.4 ho: 19 19 53.1
```

region: 11 km S Aix-en-Provence (13)										rms: .289		nb d'iter: 3			
* c de toit *															
heure origine: 19 19 53.8 +/- .3										ellipse a 95% de confiance:					
latitude: 43.43 +/- 1.7										1/2 grand axe: 7.0 km.					
longitude: 5.43 +/- 2.5										1/2 petit axe: 4.6 km.					
profondeur: 1. km imposee										azimut gd axe: 169.5 degrees.					
magnitudes:															
ampl. 2.8 +/-9.9 sur 1 station															
duree 2.7 +/- .0 sur 2 stations															

REFERENCES

- [1] D. R. Baumgardt et K.A. Ziegler, "Spectral evidence for source multiplicity in explosions: application to regional discrimination of earthquake and explosion" (Bulletin of Seismological Society of America, vol. 78, pp. 1773-1795, 1988).
- [2] P. S. Dysart et J. J. Pulli, "Regional seismic event classification at the NORESS array: seismological measurement and the used of trained neural networks" (Bulletin of Seismological Society of America, vol. 80, pp 1910-1933, 1990).
- [3] P. W. Pomeroy, W. J. Best et T. V. McEvelly, "Test ban treaty verification with regional data: a review" (Bulletin of Seismological Society of America, vol. 72, n°6, pp S89-S129, 1982).
- [4] M. Musil et A. Plesinger, "Discrimination between local microearthquakes and quarry blasts by multi-layer perceptrons and Kohonen maps" (Bulletin of Seismological Society of America, vol. 86, n°4, pp. 1077-1090, 1996).
- [5] S.R. Taylor, "Discrimination between nuclear explosions and earthquakes" (Energy and Earth Sciences, pp. 56-57, 1990).
- [6] F. U. Dowla, S. R. Taylor et R. W. Anderson, "Seismic discrimination with artificial neural networks: preliminary results with regional spectral data" (Bulletin of Seismological Society of America, vol. 80, n°5, pp. 1346-1373, 1990).
- [7] M. Nicolas, J.-P. Santoire et P.-Y. Delpech "Intraplate seismicity : new seismotectonic data in western europ" (Tectonophysics, N° 179, pp. 27-53, 1990).

- [8] S. Muller, P. Garda, J.-D. Muller, Y. Cansi  
"Seismic events discrimination by neuro-fuzzy  
merging of signal and catalogue features" (Physics  
Chemistry of The Earth (A), vol. 24, N° 3,  
5 pp. 201-206, 1999).
- [9] B. T. W. Cheng, D. B. Goldgof, L. O. Hall, "Fast  
fuzzy clustering" (Fuzzy Sets and Systems 93, 49-  
56, 1998).
- [10] A. Klaassen, X. Driancourt, S. Muller, J.-D.  
10 Muller, "Classifying regional seismic signals  
using TDNN-alike neural networks" (International  
Conference On Artificial Neural Networks '98,  
Skövde, Suède, 2-4 septembre 1998).

REVENDICATIONS

1. Système d'intelligence artificielle de classification d'événements, d'objets ou de situations  
5 à partir de signaux et de paramètres discriminants issus de modèles, caractérisé en ce qu'il comprend au moins une branche de traitement comprenant un système expert flou prenant une décision à partir de propriétés de haut niveau et de paramètres discriminants de plus  
10 bas niveau extraits des signaux par des procédures de type traitement de signal, et capable d'expliquer sa décision à l'utilisateur par l'intermédiaire de règles triées par ordre d'applicabilité.

2. Système selon la revendication 1, dans  
15 lequel, dans le système expert flou on effectue une descente de gradient sur les paramètres :

- $x = y/\sigma$
- $s = \ln(2\sigma^2)$
- $r = \ln(\rho)$
- 20 •  $d$

avec :

- $y$  : position des ensembles flous des prémisses
- $\sigma$  : largeur des ensembles flous des  
25 prémisses
- $\rho$  : poids des règles
- $d$  : degré d'activation de chaque classe pour chaque règle

3. Système selon la revendication 1, qui est  
30 un système multi-experts constitué d'au moins deux branches de traitement indépendantes, se configurant automatiquement par apprentissage statistique sur des bases de données, ayant des propriétés particulières et fusionnées par un système décisionnel de haut niveau.

4. Système selon la revendication 3, dans lequel une branche comprend un classifieur neuro-flou prenant ses décisions à partir de propriétés de haut niveau et de paramètres discriminants de plus bas  
5 niveau extraits des signaux par des procédures de type traitement de signal.

5. Système selon l'une quelconque des revendications 3 ou 4, dans lequel une branche comprend un réseau neuronal à connexions locales et poids  
10 partagés constitués de bancs de filtres adaptatifs non linéaires, extrayant lui-même des informations discriminantes de représentation temps-fréquence des signaux correspondants.

6. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, qui est un système de  
15 classification d'événements géophysiques.

7. Système selon la revendication 6, dans lequel les propriétés de haut niveau sont la localisation, la magnitude, l'heure et la date.

1 / 12

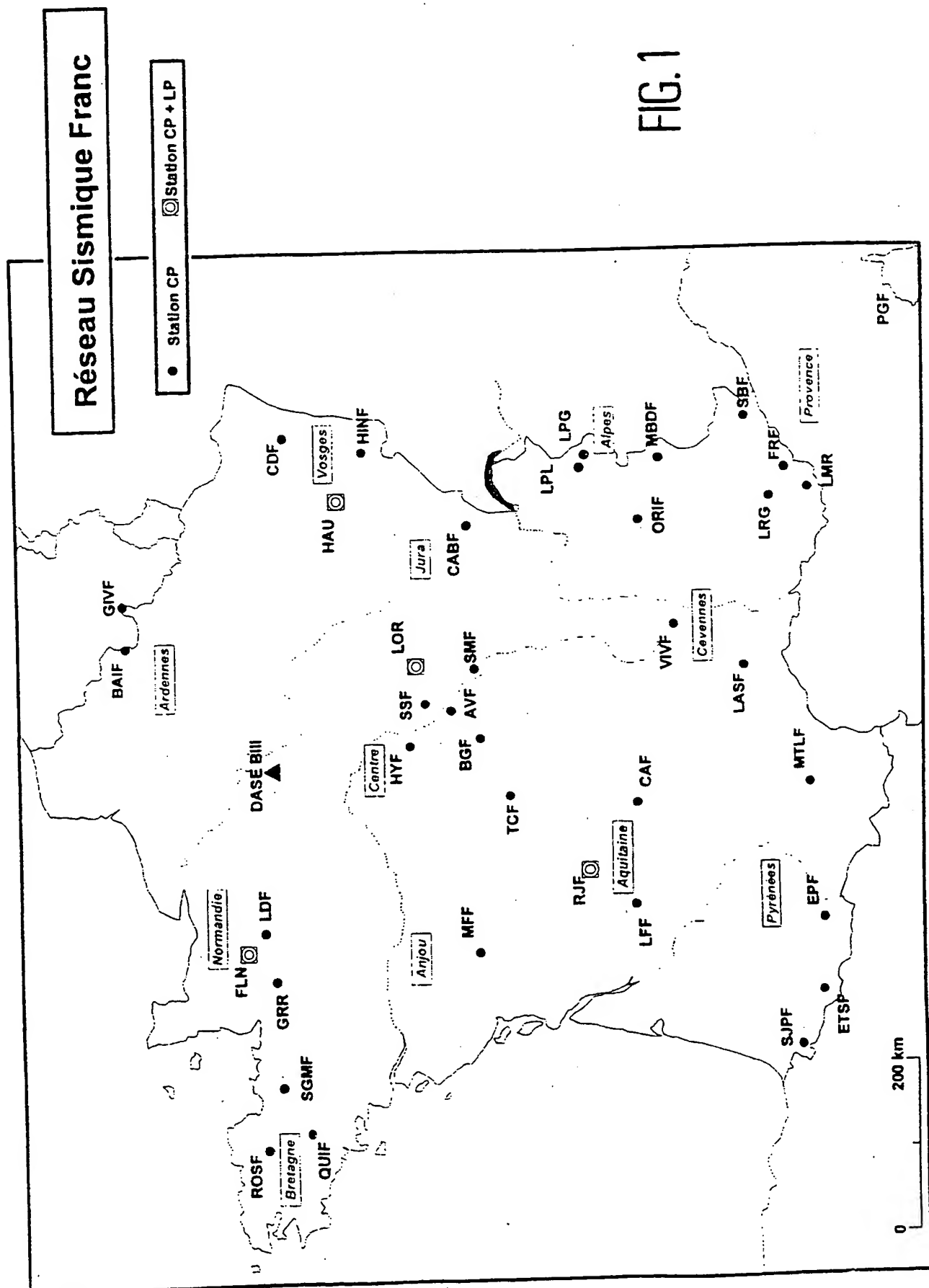
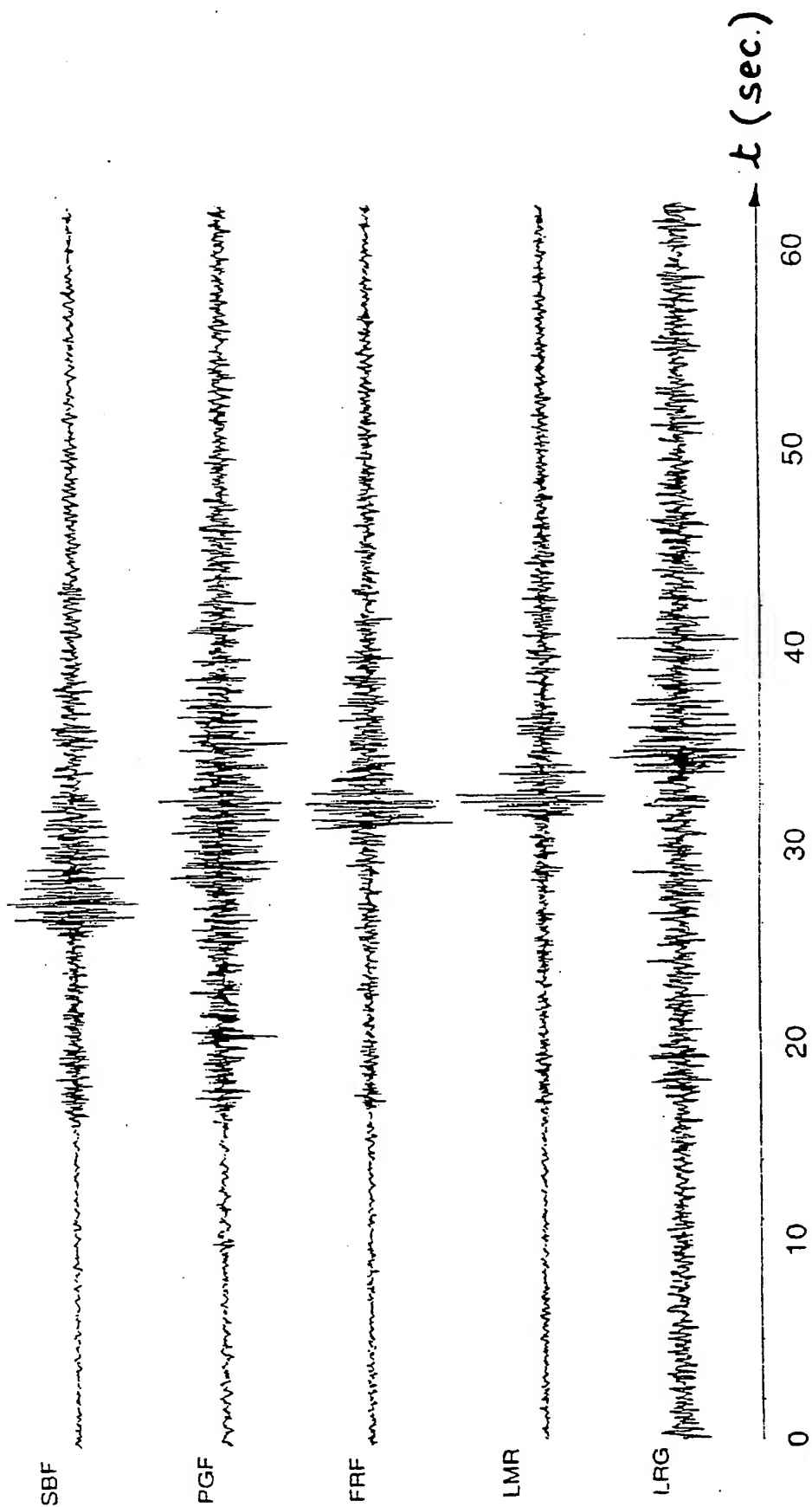


FIG.1

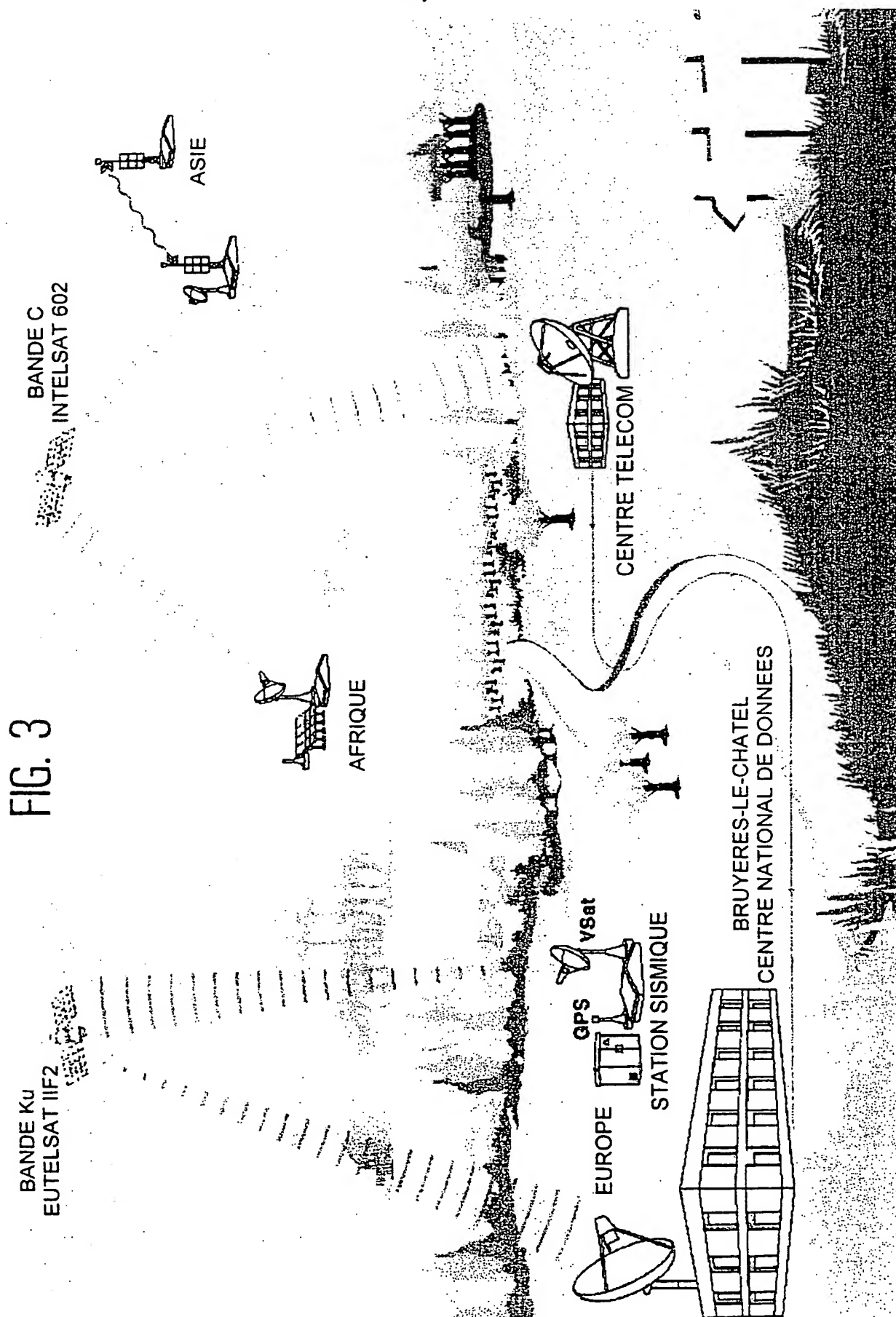
2/12

FIG. 2





3/12



4/12

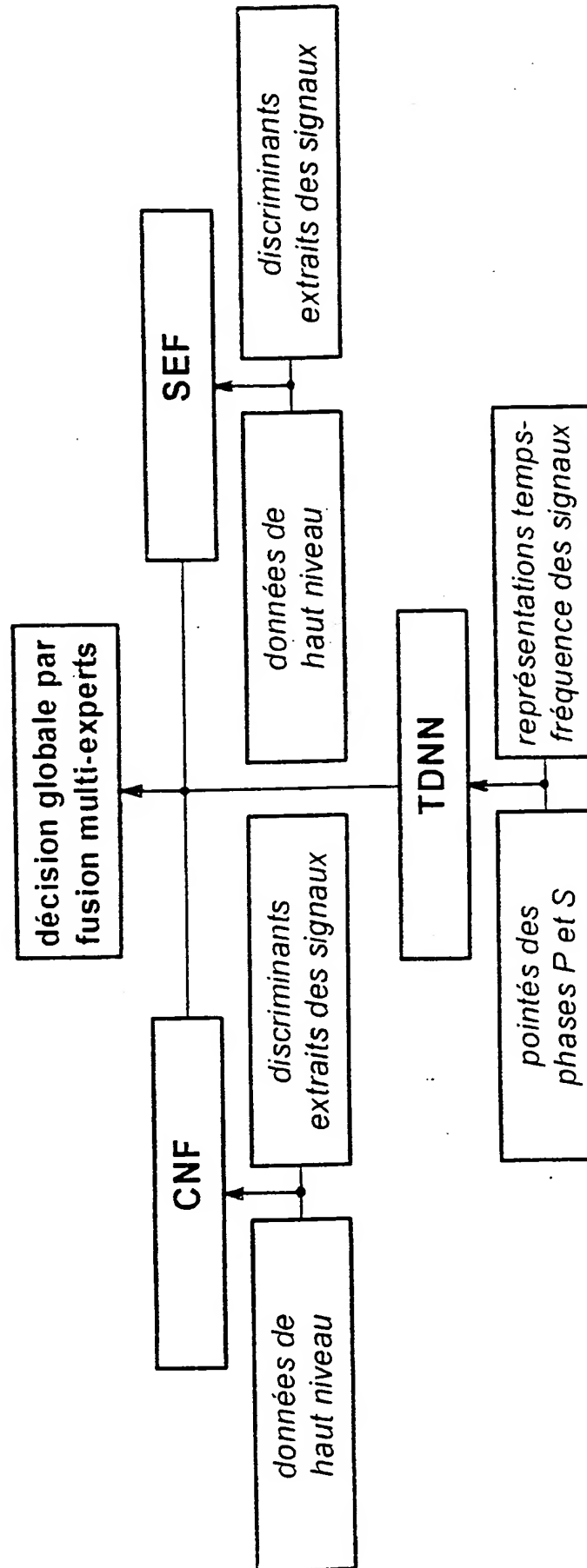


FIG. 4

5/12

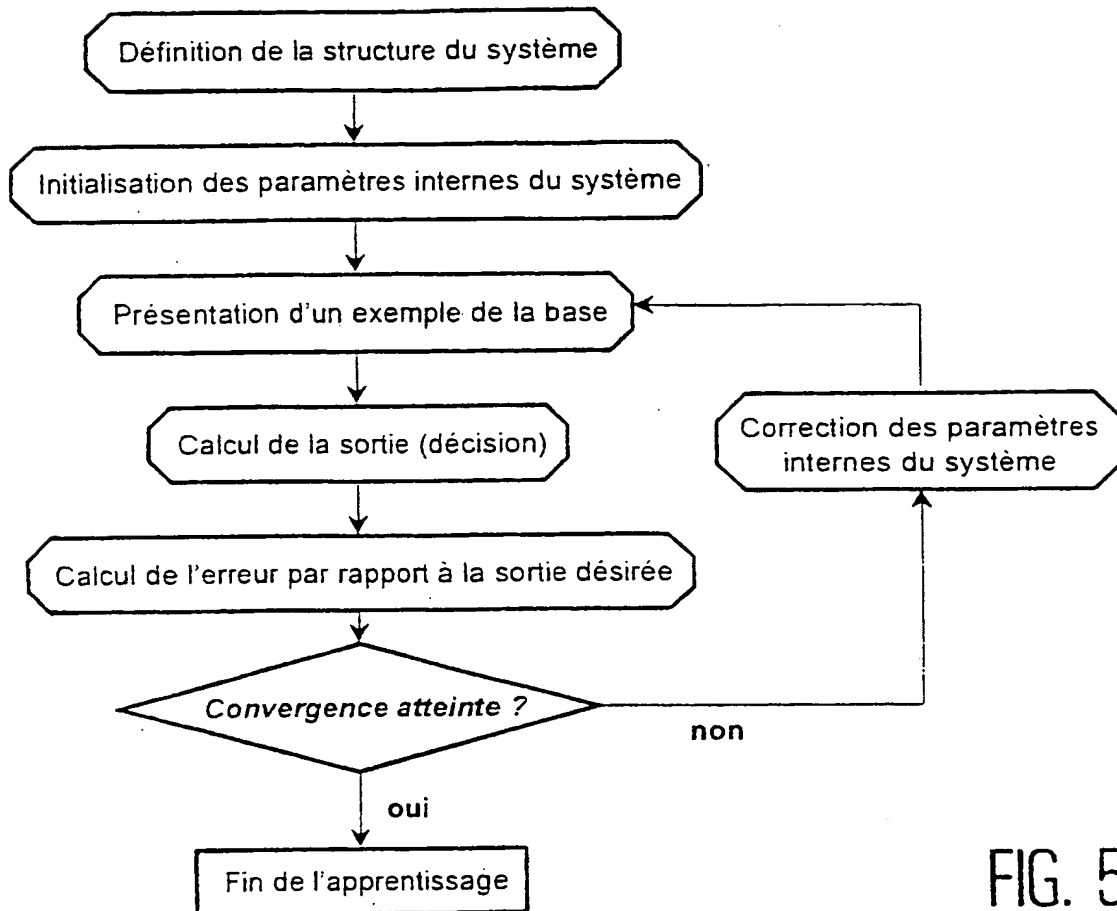


FIG. 5

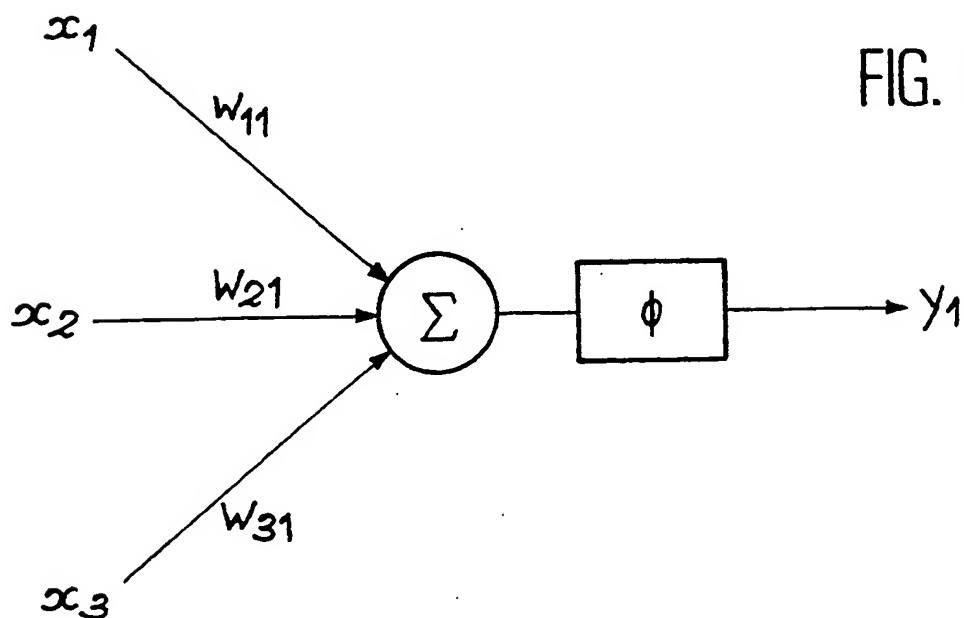
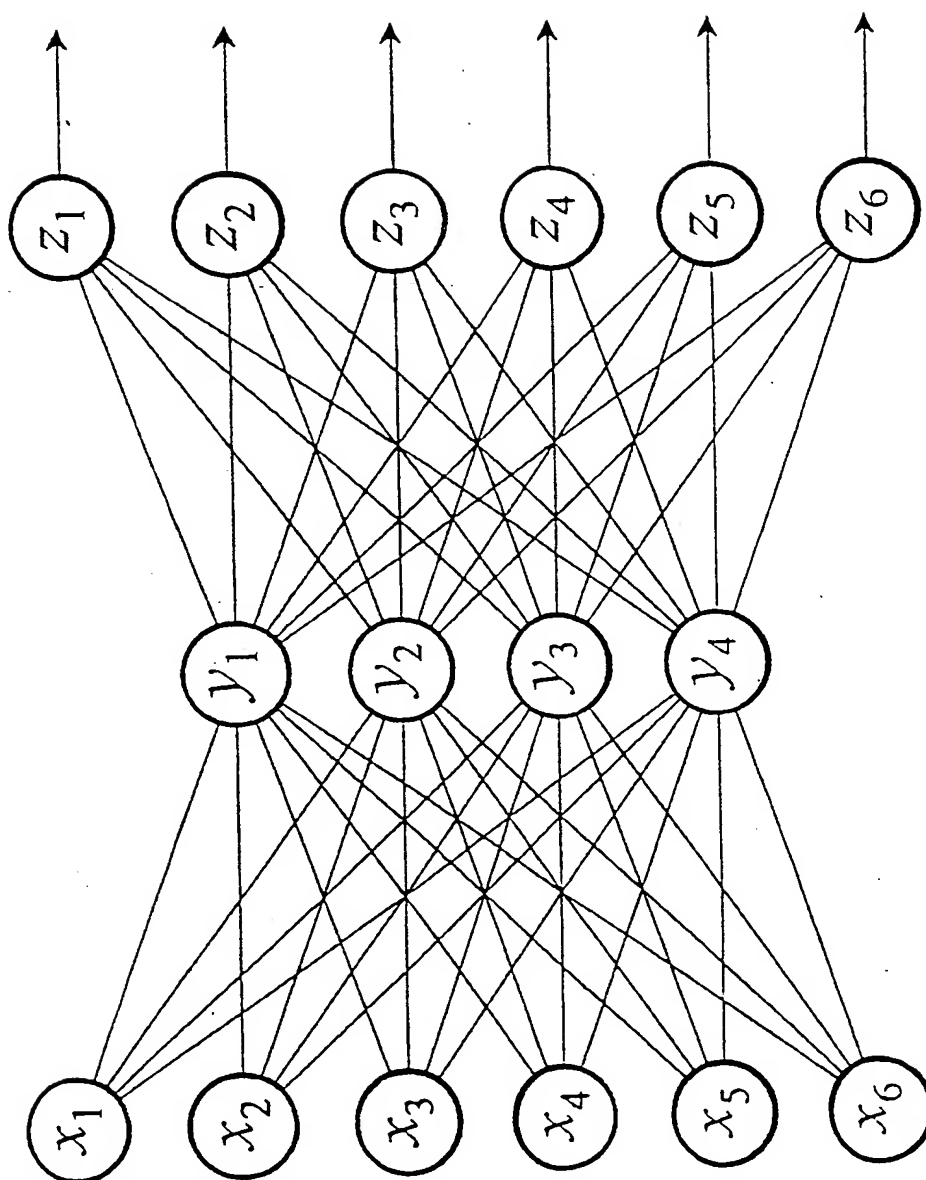


FIG. 6

6/12

FIG. 7



7/12

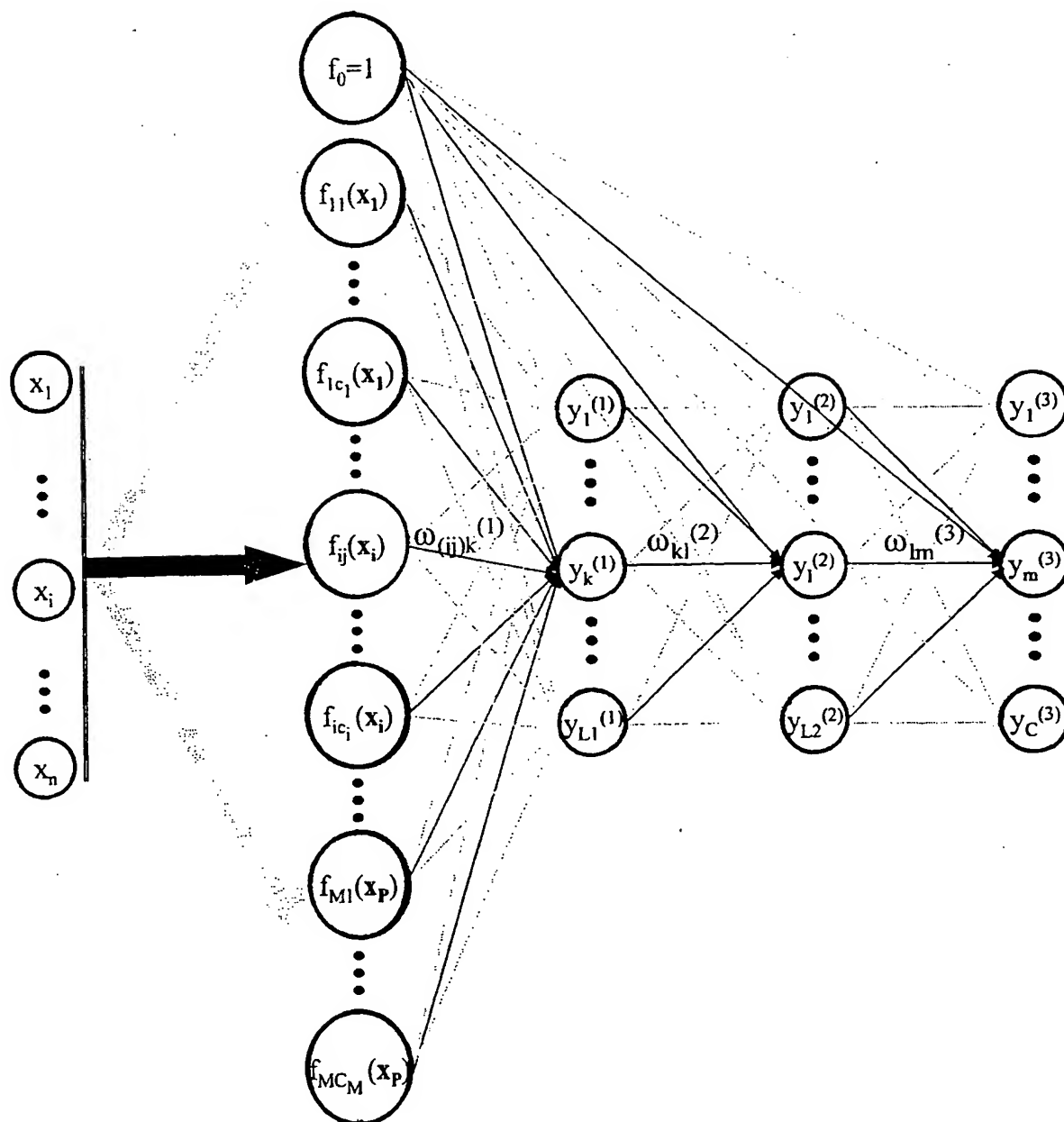


FIG. 8

8/12

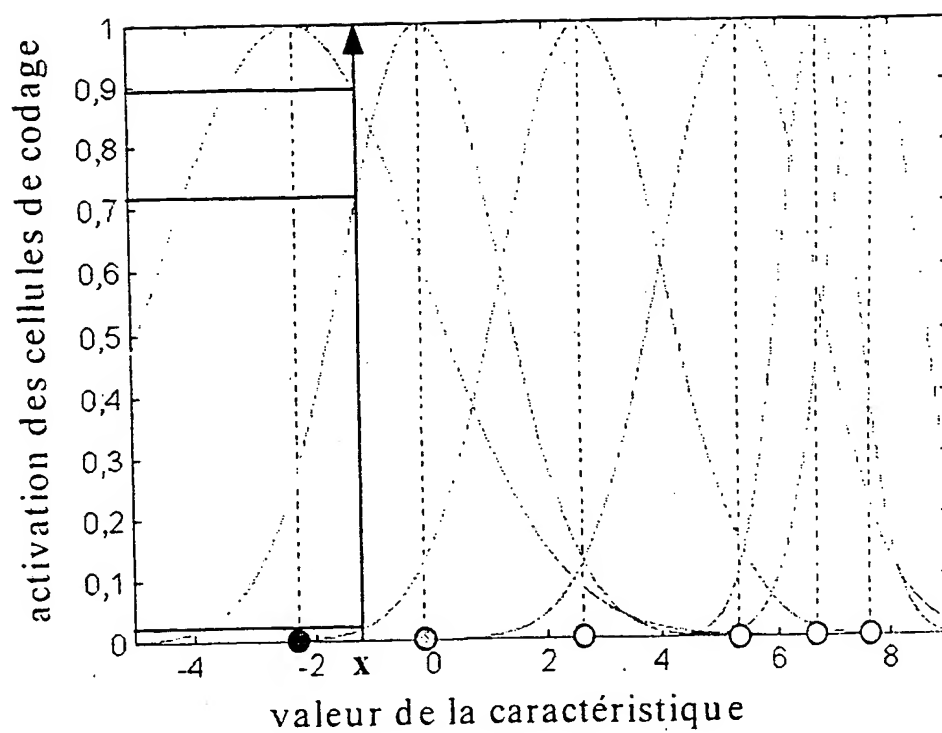


FIG. 9

valeur faible	⊗	○	○	○	○ ○
valeur moyenne	○	○	●	○	○ ○
valeur élevée	○	○	○	○	● ○

FIG. 10

9/12

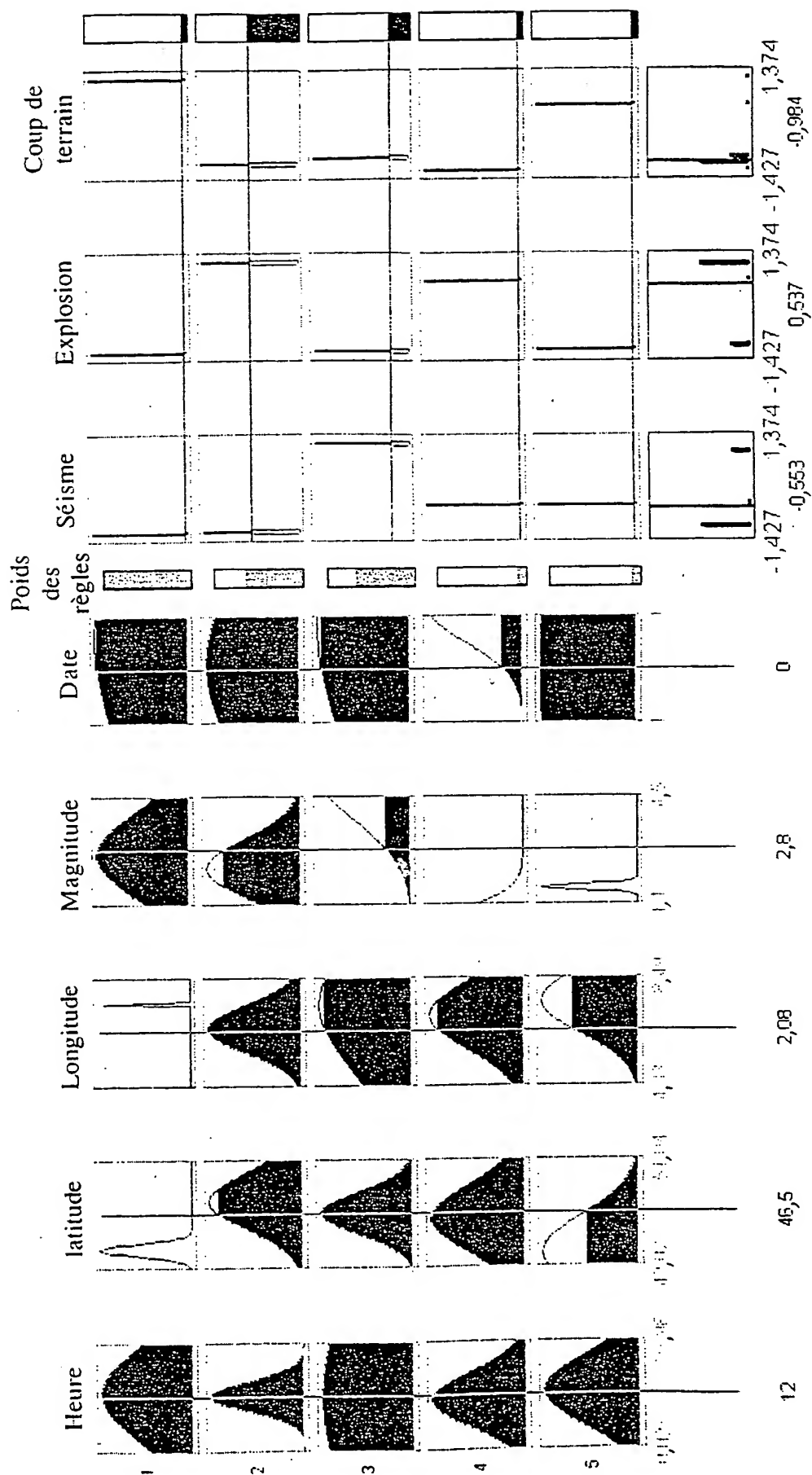


FIG.11

10/12

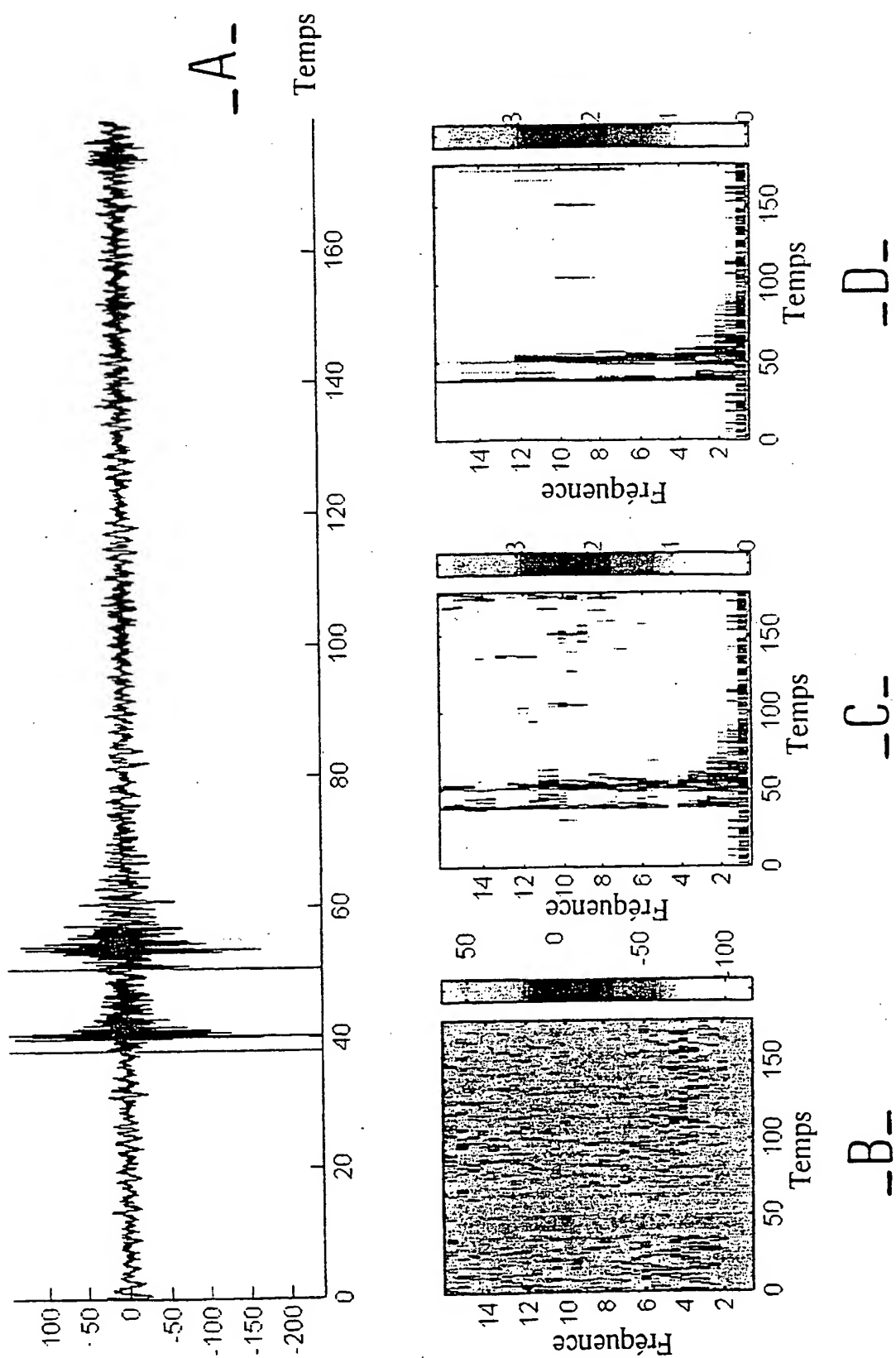


FIG. 12



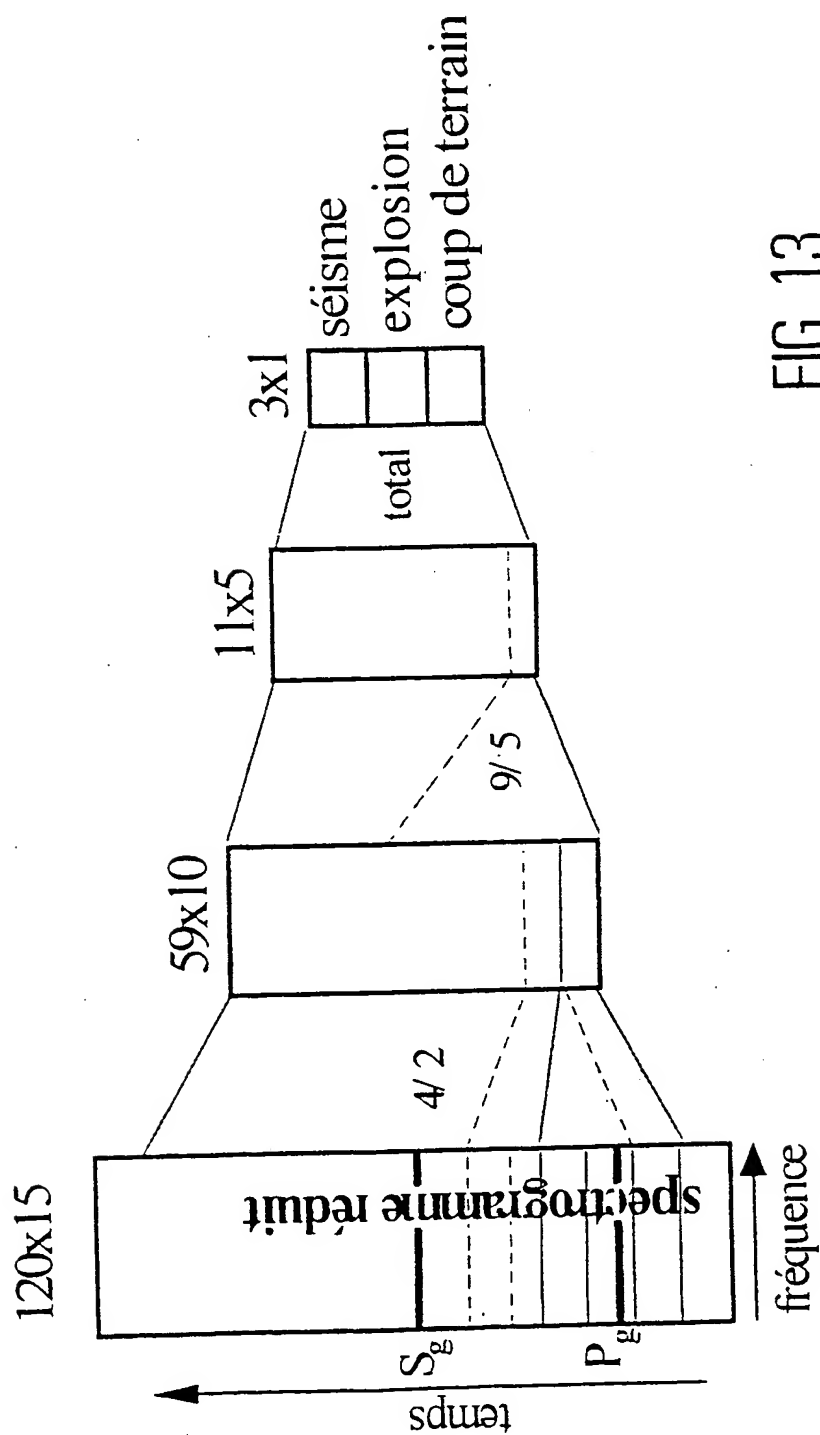
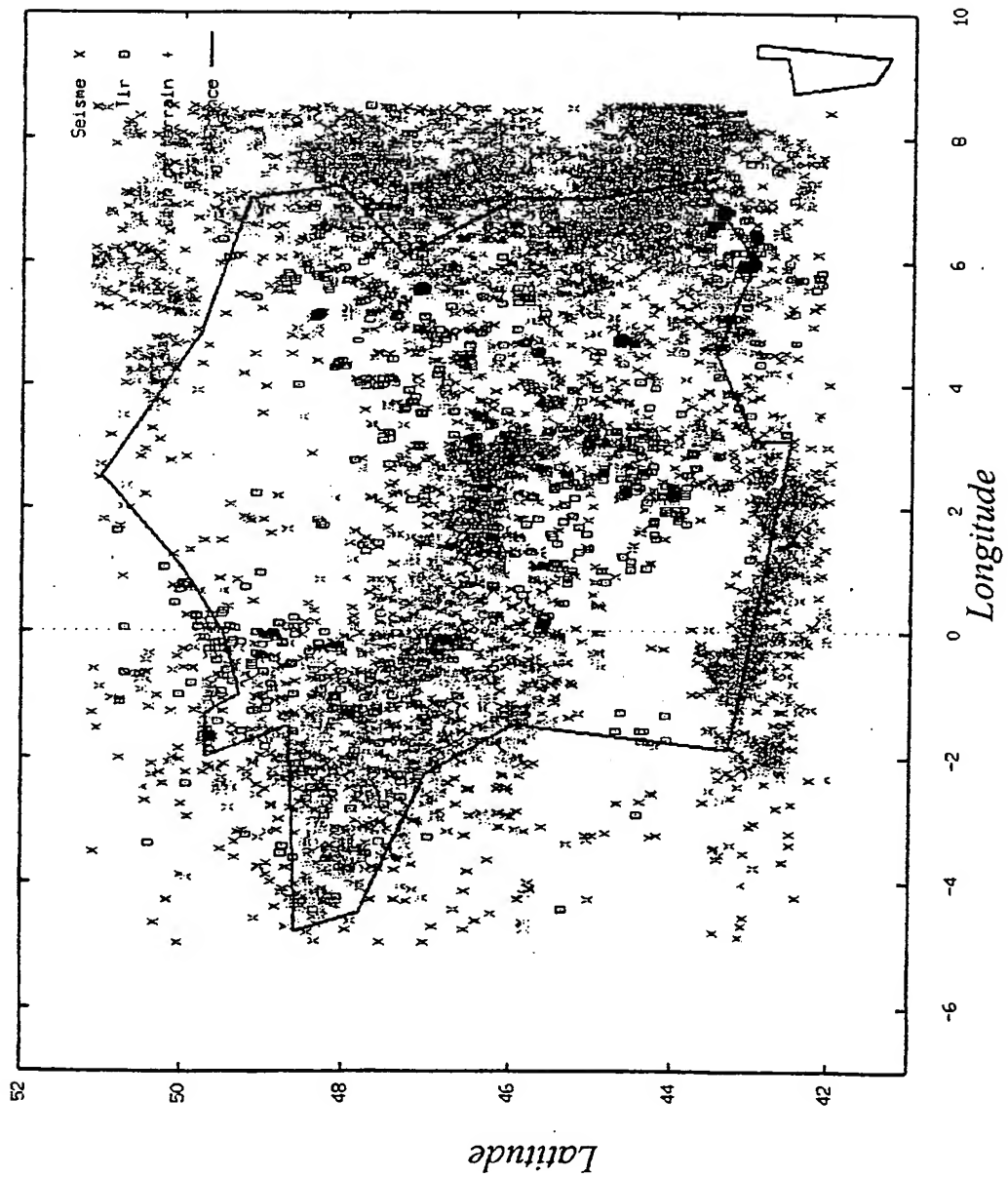


FIG. 13

12 / 12

FIG. 14



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern. Application No.

PCT/FR 00/01804

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G06N5/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G06F G06N G01V

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CHU CH -K P ET AL: "FIRST BREAK REFRACTION EVENT PICKING USING FUZZY LOGIC SYSTEMS" IEEE TRANSACTIONS ON FUZZY SYSTEMS, US, IEEE INC. NEW YORK, vol. 2, no. 4, 1 November 1994 (1994-11-01), pages 255-266, XP000469682 ISSN: 1063-6706 abstract page 257, left-hand column, line 45 -page 258, right-hand column, line 36 page 265, left-hand column, line 15 - line 37	1,4,6
A	EP 0 468 229 A (HNC INC) 29 January 1992 (1992-01-29) column 13, line 15 -column 15, line 9 -/--	1,4



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

5 September 2000

Date of mailing of the international search report

12/09/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kingma, Y

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/FR 00/01804

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>MAGOTRA N ET AL: "SEISMIC SIGNAL DISCRIMINATION USING ADAPTIVE SYSTEM PARAMETERS" , PROCEEDINGS OF THE MIDWEST SYMPOSIUM ON CIRCUITS AND SYSTEMS,US,NEW YORK, IEEE, VOL. CONF. 33, PAGE(S) 84-87  XP000280121  the whole document</p>	1,4-6

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International Application No

PCT/FR 00/01804

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0468229 A	29-01-1992	JP 5151188 A US 5398300 A	18-06-1993 14-03-1995

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demi Internationale No

PCT/FR 00/01804

## A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

CIB 7 G06N5/04

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 G06F G06N G01V

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EP0-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>CHU CH -K P ET AL: "FIRST BREAK REFRACTION EVENT PICKING USING FUZZY LOGIC SYSTEMS"</p> <p>IEEE TRANSACTIONS ON FUZZY SYSTEMS,US,IEEE INC. NEW YORK,</p> <p>vol. 2, no. 4,</p> <p>1 novembre 1994 (1994-11-01), pages 255-266, XP000469682</p> <p>ISSN: 1063-6706</p> <p>abrégé</p> <p>page 257, colonne de gauche, ligne 45</p> <p>-page 258, colonne de droite, ligne 36</p> <p>page 265, colonne de gauche, ligne 15 - ligne 37</p>	1,4,6
A	<p>EP 0 468 229 A (HNC INC)</p> <p>29 janvier 1992 (1992-01-29)</p> <p>colonne 13, ligne 15 -colonne 15, ligne 9</p> <p style="text-align: center;">--- -/-- ---</p>	1,4



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

\*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

\*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

\*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

\*Z\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

5 septembre 2000

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

12/09/2000

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Kingma, Y

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Form. Internationale No

PCT/FR 00/01804

## C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>MAGOTRA N ET AL: "SEISMIC SIGNAL DISCRIMINATION USING ADAPTIVE SYSTEM PARAMETERS", PROCEEDINGS OF THE MIDWEST SYMPOSIUM ON CIRCUITS AND SYSTEMS, US, NEW YORK, IEEE, VOL. CONF. 33, PAGE(S) 84-87            XP000280121            le document en entier</p>	1,4-6

# RAPPORT DE RECHERC INTERNATIONALE

### Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Dem: Internationale No

PCT/FR 00/01804

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0468229 A	29-01-1992	JP 5151188 A	18-06-1993
		US 5398300 A	14-03-1995



## REQUETE PCT

Projet (NON destiné à la présentation) imprimé le 17.07.2000 10:28:37 AM

0	Réservé à l'office récepteur	
0-1	Demande internationale No.	
0-2	Date du dépôt international	
0-3	Nom de l'office récepteur et "Demande internationale PCT"	
0-4	Formulaire - PCT/RO/101 Requête PCT	
0-4-1	Préparé avec	PCT-EASY Version 2.90 (mis à jour 10.05.2000)
0-5	Pétition Le soussigné requiert que la présente demande internationale soit traitée conformément au Traité de coopération en matière de brevets	
0-6	Office récepteur (choisi par le déposant)	Institut national de la propriété industrielle (France) (RO/FR)
0-7	Référence du dossier du déposant ou du mandataire	B 13340.3 DB
I	Titre de l'invention	SYSTEME D'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE POUR LA CLASSIFICATION D'EVENEMENTS, D'OBJETS OU DE SITUATIONS A PARTIR DE SIGNAUX ET DE PARAMETRES DISCRIMINANTS ISSUS DE MODELES
II	Déposant	
II-1	Cette personne est :	Déposant seulement
II-2	Déposant pour	Tous les Etats désignés sauf US
II-4	Nom	COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
II-5	Adresse:	31-33, rue de la Fédération F-75752 PARIS 15ème France
II-6	Nationalité (nom de l'Etat)	FR
II-7	Résidence (nom de l'Etat)	FR
II-8	No. de téléphone	01 69 08 82 93
II-9	No de télécopieur:	01 69 08 82 92
III-1	Déposant et/ou inventeur	
III-1-1	Cette personne est :	Déposant et inventeur
III-1-2	Déposant pour	US seulement
III-1-4	Nom (NOM DE FAMILLE, Prénom)	MULLER, Jean-Denis
III-1-5	Adresse:	5 allée de la Garenne F-78120 CLAIREFONTAINE-EN-YVELYNES France
III-1-6	Nationalité (nom de l'Etat)	FR
III-1-7	Résidence (nom de l'Etat)	FR

## REQUETE PCT

B 13340.3 DB

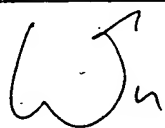
Projet (NON destiné à la présentation) imprimé le 17.07.2000 10:28:37 AM

III-2	Déposant et/ou inventeur	Déposant et inventeur
III-2-1	Cette personne est :	US seulement
III-2-2	Déposant pour	
III-2-4	Nom (NOM.DE FAMILLE, Prénom)	MULLER CARCELES, Stéphanie
III-2-5	Adresse:	5 allée de la Garenne F-78120 CLAIREFONTAINE-EN-YVELYNES France
III-2-6	Nationalité (nom de l'Etat)	FR
III-2-7	Résidence (nom de l'Etat)	FR
IV-1	Mandataire ; Représentant commun ou adresse pour la correspondance. La personne nommée ci-dessous est/ a été désignée pour agir au nom du ou des déposants auprès des autorités internationales compétentes, comme	mandataire
IV-1-1	Nom (NOM DE FAMILLE, Prénom)	LEHU, Jean
IV-1-2	Adresse:	c/o BREVATOME 3, rue du Docteur Lancereaux F-75008 PARIS France
IV-1-3	No. de téléphone	01 53 83 94 00
IV-1-4	No de télécopieur:	01 45 63 83 33
IV-1-5	Courrier électronique:	spibrev@easynet.fr
V	Désignation d'Etats	
V-1	Brevet régional (d'autres formes de protection ou de traitement, le cas échéant, sont spécifiées entre parenthèses pour les Etats désignés concernés)	EP: AT BE CH&LI CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU MC NL PT SE et tout autre Etat qui est un Etat contractant de la Convention sur le brevet européen et du PCT
V-2	Brevet national (d'autres formes de protection ou de traitement, le cas échéant, sont spécifiées entre parenthèses pour les Etats désignés concernés)	CA JP US
V-5	Déclaration concernant les désignations de précaution Outre les désignations faites sous les rubriques V-1, V-2 et V-3, le déposant fait aussi, conformément à la règle 4.9.b), toutes les désignations qui seraient autorisées en vertu du PCT, à l'exception de toute désignation(s) indiquée(s) dans la rubrique V-6 ci-dessous. Le déposant déclare que ces désignations additionnelles sont faites sous réserve de confirmation et que toute désignation qui n'est pas confirmée avant l'expiration d'un délai de 15 mois à compter de la date de priorité sera considérée comme retirée par le déposant à l'expiration de ce délai.	
V-6	Exclusion(s) des désignations de précaution	NEANT

## REQUETE PCT

B 13340.3 DB

Original (pour PRESENTATION) - imprimé le 28.06.2000 10:46:45 AM

VI-1	Revendication de priorité d'une demande nationale antérieure		
VI-1-1	Date du dépôt	01 juillet 1999 (01.07.1999)	
VI-1-2	Numéro	99 08472	
VI-1-3	Pays	FR	
VII-1	Administration chargée de la recherche internationale choisie	Office européen des brevets (OEB) (ISA/EP)	
VII-2	Demande d'utilisation des résultats d'une recherche antérieure; mention de cette recherche		
VII-2-1	Date	26 mai 2000 (26.05.2000)	
VII-2-2	Numéro	FA 581821	
VII-2-3	Pays (ou office régional)	EP	
VIII	Bordereau	Nombre de feuilles	Dossier(s) électronique(s) joint(s)
VIII-1	Requête	4	-
VIII-2	Description	35	-
VIII-3	Revendications	2	-
VIII-4	Abrégé	1	abr-13340db.txt
VIII-5	Dessins	12	-
VIII-7	TOTAL	54	
	Eléments joints	Document(s) papier joint(s)	Dossier(s) électronique(s) joint(s)
VIII-8	Feuille de calcul des taxes	✓	-
VIII-10	Copie du pouvoir général	référence n° PG 07085	-
VIII-16	Disquette PCT-EASY	-	disquette
VIII-17	Autre (préciser) :	Liste des mandataires BREVATOME	-
VIII-18	Figure des dessins qui doit accompagner l'abrégé	4	
VIII-19	Langue de dépôt de la demande internationale	français	
IX-1	Signature du déposant ou du mandataire		
IX-1-1	Nom (NOM DE FAMILLE, Prénom)	LEHU, Jean	

RESERVE A L'OFFICE RECEPTEUR

10-1	Date effective de réception des pièces supposées constituer la demande internationale	
10-2	Dessins:	
10-2-1	Reçus	
10-2-2	non reçus	

## REQUETE PCT

Original (pour PRESENTATION) - imprimé le 28.06.2000 10:46:45 AM

10-3	Date effective de réception, rectifiée en raison de la réception ultérieure, mais dans les délais, de documents ou de dessins complétant ce qui est supposé constituer la demande internationale:	
10-4	Date de réception, dans les délais, des corrections demandées selon l'article 11.2) du PCT	
10-5	Administration chargée de la recherche internationale	ISA/EP
10-6	Transmission de la copie de recherche différée jusqu'au paiement de la taxe de recherche	

## RESERVE AU BUREAU INTERNATIONAL

11-1	Date de réception de l'exemplaire original par le Bureau international	
------	--	--

**PCT (ANNEXE - FEUILLE DE CALCUL DES TAXES)**

B 13340.3 DB

Original (pour PRÉSENTATION) - imprimé le 28.06.2000 10:46:45 AM

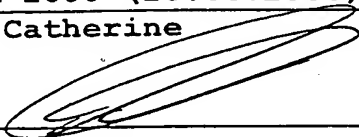
(Cette feuille ne fait pas partie de la demande internationale ni ne compte comme une feuille de celle-ci)

0	Réservé à l'office récepteur		
0-1	Demande internationale No.		
0-2	Timbre à date de l'office récepteur		
0-4	Formulaire - PCT/RO/101 (Annexe)		
0-4-1	Feuille de calcul des taxes PCT Préparé avec	PCT-EASY Version 2.90 (mis à jour 10.05.2000)	
0-9	Référence du dossier du déposant ou du mandataire	B 13340.3 DB	
2	Déposant	COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE, et al.	
12	Calcul des taxes prescrites	Montant total des taxes/multiplicateur	Montant total (FRF)
12-1	Taxe de transmission T	⇒	400
12-2	Taxe de recherche S	⇒	6 198.79
12-3	Taxe internationale Taxe de base (30 premières feuilles) b1	2 682.86	
12-4	Feuilles suivantes	24	
12-5	Montant additionnel (X)	59.04	
12-6	Montant total additionnel b2	1 416.96	
12-7	b1 + b2 = B	4 099.82	
12-8	Taxes de désignation Nombre de désignations indiquées dans la demande internationale	4	
12-9	Number of designation fees payable (maximum 8)	4	
12-10	Montant de la taxe de désignation (X)	577.24	
12-11	Montant total des taxes de désignation D	2 308.96	
12-12	Réduction de taxe PCT-EASY R	-826.51	
12-13	Montant total de la taxe internationale (B+D-R) I	⇒	5 582.27
12-17	TOTAL DES TAXES DUES (T+S+I+P)	⇒	12 181.06
12-19	Mode de paiement	autorisation de débiter un compte de dépôt	
12-20	Instructions concernant le compte de dépôt L'office récepteur:	Institut national de la propriété industrielle (France) (RO/FR)	
12-20-1	est autorisé à débiter mon compte de dépôt du total des taxes indiqué ci-dessus	✓	

## PCT (ANNEXE - FEUILLE DE CALCUL DES TAXES)

B 13340.3 DB

Original (pour PRESENTATION) - imprimé le 28.06.2000 10:46:45 AM

12-20-2	est autorisé à débiter mon compte de dépôt de tout montant manquant, ou à le créditer de tout excédent, dans le paiement du total des taxes indiqué ci-dessus	✓
12-21	Compte de dépôt No.	024
12-22	Date	28 juin 2000 (28.06.2000)
12-23	Nom et signature	DUPONT Catherine 

## MESSAGES DE VALIDATION ET REMARQUES

13-2-1	Messages de validation Requête	Vert? Le titre de l'invention doit être bref et précis. Prière de vérifier.
13-2-2	Messages de validation Etats	Vert? Il est possible d'effectuer davantage de désignations. Les Etats suivants n'ont pas été désignés: AP: ( GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW); EA: ( AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM); OA: ( BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG); AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CH, LI, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZW. Prière de vérifier.
13-2-6	Messages de validation Bordereau	Vert? Priorité 1: Le document de priorité n'est pas joint. (Le déposant doit le fournir dans un délai de 16 mois à compter de la date de priorité la plus ancienne revendiquée)
13-2-8	Messages de validation Paiement	Vert? Prière de vérifier que vous avez bien un compte de dépôt auprès de l'office récepteur.